COLLANA DI MANUALI SCIENTIFICI, STORICI E LETTERARII

GIUSEPPE MERCALLI
Professore nel R. Liceo Vittorio Emanuele di Napoli

ELEMENTI
DI
BOTANICA E DI ZOOLOGIA GENERALE
E
TASSONOMICA
AD USO
DELLE SCUOLE SECONDARIE

Parte Seconda

ZOOLOGIA GENERALE E TASSONOMICA

TREDICESIMA EDIZIONE
con 161 incisioni

Casa Editrice
DOTTOR FRANCESCO VALLARDI
MILANO

BOLOGNA - CAGLIARI - CATANIA - FIRENZE - GENOVA - NAPOLI
PADOVA - PALERMO - PISA - ROMA - SASSARI - TORINO - TRENTO - TRIESTE

ALESSANDRIA D'EGITTO - BUENOS AIRES
MONTEVIDEO - NEW YORK - RIO JANEIRO - SAN PAULO

CASA EDITRICE DOTTOR FRANCESCO VALLARDI
MILANO

SCIENZE NATURALI

CASATI G. **Nozioni di scienze naturali**. — Un vol in-16 di pag. 110, illustr. da 76 inc. interc. nel testo . . . L. 1.50

DI POGGIO E. **Nozioni di anatomia, fisiologia e classificazione degli esseri organizzati** (*3.ª ediz.*)
Volume I. — NOZIONI DI ANATOMIA, FISIOLOGIA E CLASSIFICAZIONE DEGLI ANIMALI. — Un vol. in-16 di pag. XII-202 illustrato da 349 figure. . . . . L. 3.50
» II. — NOZIONI DI ANATOMIA, FISIOLOGIA E CLASSIFICAZIONE DEI VEGETALI. — Un vol. in-16 di pag. XII-204 illustrato da 143 figure. . . . . L. 3.50

GAFFURI C. **La classificazione dei Vegetali e degli Animali** secondo i vigenti programmi. — Un vol. in-16 di pag. 148 con 230 incisioni. . . . . L. 2.—

GIGLIO-TOS E. e MONTI V. **Corso di Scienze Fisiche e Naturali,** ad uso delle Scuole complementari; in tre volumi.
CLASSE I. — Vol. di pag. 176 con 114 fig. (*2.ª ediz.*). L. 1.80
» II. — » » 136 » 115 » . . . . » 1.50
» III. — » » 160 » 135 » . . . . » 1.70

GIGLIO-TOS E. e MONTI V. **Corso di Scienze Fisiche e Naturali**, ad uso delle Scuole Normali; in tre volumi.
CLASSE I. — Vol. di pag. 228 con 68 fig. . . . . L. 2.20
» II. — » » 540 » 394 » . . . . . » 5.—
» III. — » » 268 » 187 » . . . . . » 2.50

LESSONA M. **Atlante di Storia Naturale**, Zoologia, Botanica, Mineralogia, Geologia. — Sessantanove tavole, mille e quarantasei fig. con testo. In brochure . . . . . L. 5.—
Rilegato in tela . . . . . » 7.50

MALFATTI G. **Scienze naturali** compilate secondo i programmi per l'ammissione al primo anno della R. Scuola Militare di Modena. — Un vol. in-16 di pag. 367 . . . . . L. 3.—

MERCANTI F. **Trattato elementare di Storia Naturale** — per uso degl'Istituti tecnici.
Pel 1.° anno BOTANICA (*Terza edizione*). — Un vol. di pag. 231 con 200 fig. . . . . L. 2.50
» 2.° » ZOOLOGIA (*Terza edizione riveduta e aumentata*). — Un vol. di circa pag. 272 ill. da 221 fig. . L. 2.50
» 3.° » MINERALOGIA. — Un vol. di 168 pag. con 131 fig. » 2.-
» 4.° » GEOLOGIA. — Un vol. di pag. 180 con 84 fig. » 2.--

Segue a pagina terza.

BOT

ELEMENTI

DI

BOTANICA E DI ZOOLOGIA GENERALE

COLLANA DI MANUALI SCIENTIFICI, STORICI E LETTERARII

GIUSEPPE MERCALLI

Professore nel R. Liceo Vittorio Emanuele di Napoli

ELEMENTI

DI

BOTANICA E DI ZOOLOGIA GENERALE

E

TASSONOMICA

AD USO

DELLE SCUOLE SECONDARIE

Parte Seconda

ZOOLOGIA GENERALE E TASSONOMICA

TREDICESIMA EDIZIONE

con 161 incisioni

Casa Editrice

DOTTOR FRANCESCO VALLARDI

MILANO

BOLOGNA - CAGLIARI - CATANIA - FIRENZE - GENOVA - NAPOLI
PADOVA - PALERMO - PISA - ROMA - SASSARI - TORINO - TRENTO - TRIESTE

ALESSANDRIA D'EGITTO - BUENOS AIRES
MONTEVIDEO - NEW YORK - RIO JANEIRO - SAN PAULO

PROPRIETÀ LETTERARIA

Stab. Riuniti d'Arti Grafiche. — Milano-Appiano, 1910.

INDICE

PARTE SECONDA

ZOOLOGIA GENERALE

Pag.

I. La cellula ed i tessuti degli animali. — La cellula in generale. — Classificazione dei tessuti. — Tessuti epiteliali. — Tessuto ghiandolare. — Tessuti connettivi. — Tessuto osseo. — Tessuto muscolare. — Tessuto nervoso. — Composizione chimica degli animali. — Funzioni degli animali. — Organi, apparecchi, e sistemi. — Sguardo generale all'organismo di un vertebrato. . 1

II. Funzioni di nutrizione. — Definizione e divisione delle funzioni di nutrizione 19

1.° *Natura degli alimenti e loro prensione.* — Natura degli alimenti. — Regime degli animali. — Prensione degli alimenti . 20

2.° *Digestione.* — Scopo e mezzi. — Cenno sull'apparecchio digerente in generale. — Masticazione e struttura dei denti. — Forma dei denti. — Dentatura di latte e permanente. — Insalivazione. — Deglutizione. — Il ventricolo. — Processo della chimificazione. — Intestino propriamente detto. — Fegato e pancreas. — Processo della chilificazione. — Riepilogo. — Diversa struttura del tubo digerente degli animali. 21

3.° *Assorbimento.* — Vasi linfatici. — Vasi chiliferi. — Liquidi nutritivi 36

4.° *Circolazione del sangue.* — Composizione del sangue. — Apparato circolatorio. — Sangue arterioso e venoso. — Doppia circolazione. — Struttura del cuore. — Principali arterie e loro struttura. — Principali vene e loro struttura. — Vasi capillari. — Meccanismo della circolazione. — Prove della circolazione del sangue. — Cenno di anatomia comparata dell'apparecchio circolatorio 38

5.° *Respirazione e calore animale.* — In che consiste la respirazione. — Effetti della respirazione. — Origine del calore animale. — Animali a sangue caldo ed a sangue freddo. — Lavoro meccanico. Animali elettrici e fotogeni. — Necessità della respirazione. — Respirazione aerea e acquatica. — Organi della respirazione polmonare. — Struttura dei polmoni. — Meccanismo della respirazione polmonare. — Respirazione tracheale. — Respirazione branchiale e per vasi acquiferi 52

6.° *Assimilazione ed escrezioni.* — Nutrizione. — Assimilazione - Principali escrezioni. — Riepilogo. Bilancio organico . . . 62

Pag.

III. Funzioni di riproduzione. 66
1.° *Diversi modi di riproduzione.* — Riproduzione agamica. — Riproduzione sessuale. — Struttura dell'uovo. — Animali vivipari od ovipari. — Periodo embriogenico. — Covatura ed allattamento. ivi
2.° *Metamorfosi, metagenesi e polimorfismo.* — Metamorfosi. — Metamorfosi dei vertebrati. — Metamorfosi degli invertebrati. — Generazione alternante (metagenesi). — Sviluppo per eterogonia. — Polimorfismo. — Eterogenia. — Fecondità 71
IV. Funzioni di relazione. — Definizioni 82
1.° *Sistema nervoso.* — Parti del sistema nervoso e loro ufficio. — Parte centrale del sistema cerebro-spinale. — Parte periferica del sistema cerebro-spinale. — Sistema nervoso del gran simpatico. — Stimoli nervosi. — Funzioni delle diverse parti del sistema cerebro-spinale. — Cenno di anatomia comparata del sistema nervoso ivi
2.° *Sensitività.* — Sensazione e percezione. — Sentimento. — Sensitività ed intelligenza. — Istinto. — I sensorii in generale. — Senso del tatto. — Senso del gusto. — Olfatto. — Sensorio dell'udito. — Organo del Corti. — L'udito nei diversi animali. — Sensorio della vista. — Meccanismo della divisione. — Miopia, Presbiopia e Daltonismo. — Apparato visivo dei diversi animali. 96
3.° *Locomozione.* — Locomozione in generale. — Apparato locomotore negli animali inferiori. — Scheletro in generale. — Articolazioni. — Cranio e faccia. — Vertebre e colonna vertebrale. — Estremità od arti. — Variazioni dello scheletro nelle classi di Vertebrati. — I muscoli e la loro classificazione. — Contrattilità muscolare. — Tendini. — Muscoli congeneri ed antagonisti. — Stazione, cammino, salto, ecc. — Voce. — Stridori . 115
4.° *Sonno, letargo ed emigrazione.* — Sonno. — Letargo. — Illusioni, allucinazioni, sogni, sonnambulismo ed ipnotismo. — Migrazione 136
5.° *Relazione degli organismi tra di loro e coll'ambiente.* — Relazione degli organismi coll'ambiente. Mimetismo. — Relazioni degli organismi tra loro: lotta per l'esistenza. — Simbiosi e parassitismo. — Adattamento, Ereditarietà e Selezione 139
V. Cenni sulla classificazione degli animali. — Nomenclatura zoologica. — Classificazioni antiche. — Classificazione di Cuvier. — Concetto delle classificazioni odierne. — Classificazioni moderne, caratteri dei tipi. — Cenni sulle classi degli animali e su alcuni ordini più importanti. 144

I

La Cellula e i tessuti degli animali.

(Cenni di istologia).

La *Zoologia generale* comprende la descrizione della struttura degli organi degli animali (*anatomia*) e lo studio delle loro funzioni (*fisiologia*); di più, insegna ad ordinare in gruppi, ossia a classificare gli animali stessi (*Zoologia sistematica* o *tassonomica*).

Noi cominceremo lo studio dei diversi apparati organici con la descrizione di essi come sono nel corpo dell' uomo (*anatomia umana*); poi faremo seguire un breve confronto degli organi componenti il corpo umano con quelli appartenenti ad altri animali (*anatomia comparata*).

Altre parti della Zoologia, di cui però in questo libro non dobbiamo trattare, sono la *Zoologia speciale* o *descrittiva,* la *Zoologia geografica* e la *Paleozoologia* o descrizione degli animali vissuti nelle passate epoche geologiche.

1. **La cellula in generale.** — Qualsiasi parte del corpo di un animale, veduta ad un forte ingrandimento, appare formata da tanti piccolissimi corpicini, che sono le *cellule* (*elementi anatomici, organi elementari*); e tutto intero il corpo di un animale ha sempre origine dal moltiplicarsi di una sola *cellula-uovo.*

La cellula, nella sua forma più semplice, è costituita da *una piccola massa subglobulare di protoplasma,* il quale è una materia biancastra o incolora, molle, semifluida, contrattile, granulosa e finamente striata, insolubile nell'acqua. Chimicamente è composto da sostanze albuminoidi (1), da materie idrocarbonate (2) e da molta acqua (75 %), a cui deve la sua fluidità.

(1) Si chiamano *sostanze albuminoidi* l'albumina, la fibrina, la caseina e altri composti organici, diversi per le proprietà fisiche, ma molto simili tra loro per la composizione chimica, contenendo tutte, in proporzioni poco variabili, *carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, e zolfo* (e talvolta anche tracce di fosforo).

(2) Diconsi *idrocarbonati* o *idrati di carbonio* quei composti ternarii risultanti di carbonio, idrogeno, ossigeno, nei quali questi ultimi due elementi esistono nella stessa proporzione con cui entrano nell'acqua; tali sono la granulosa (amido) e la cellulosa, che hanno per formola $C_6\ H_{10}\ O_5$, il glucosio $C_6\ H_{12}\ O_6$ e gli zuccheri di canna e di latte $C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$. Per la composizione chimica di altre sostanze organiche, vedi Parte 1ª, § 6.

Il protoplasma al microscopio appare granuloso, perchè costituito da una parte formata di filamenti variamente disposti e per lo più intrecciati come un reticolo e da una parte liquida, omogenea e trasparente (*jaloplasma*), che riempie tutti gli spazî minutissimi che rimangono tra i detti filamenti (fig. 2).

Spesso nell'interno del protoplasma esiste un corpicciolo più denso, chiamato *nucleo*, nel quale qualche volta si vedono

Fig. 1.

corpuscoli ancora più piccoli, detti *nucleoli* (fig. 1). Di più, in alcune cellule il protoplasma può ricoprirsi di una pellicola solida, chiamata *membrana cellulare*. Anche il nucleo presenta una membranella propria (*membrana nucleare*) che avvolge un protoplasma speciale (*carioplasma*) formato dalla miscela di due sostanze, una che assorbe facilmente i colori (*cromatina* o *nucleina*) e l'altra che non si colora (*acromatina*) ed è la sostanza nucleare attiva (fig. 2). Infine, in molte cellule, vicino al nucleo esiste un corpuscolo speciale detto *centrosoma*, formato di sola acromatina, il quale ha una funzione importante nella divisione della cellula, poichè questa s'inizia appunto colla scissione del centrosoma.

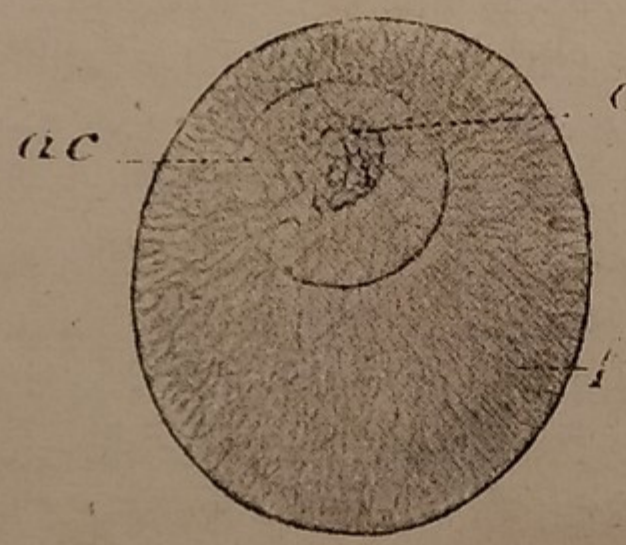


Fig. 2.

In una cellula completa, adunque troviamo, dall'esterno all'interno: 1.° la membrana cellulare; 2.° il protoplasma (o citoplasma); 3.° il nucleo coi nucleoli (figg. 1, 2 e 4) e il centrosoma. Ma il solo protoplasma è veramente essenziale, mancando talvolta le altre parti. Per esempio, le cellule dei gangli nervosi (fig. 20) non hanno membrana cellulare, e le Protamebe sono animali piccolissimi, unicellulari, costituiti da solo protoplasma senza nucleo, nè membrana (fig. 3).

1. — Cellule: *a*, forma tipica; — *b*, forma dovuta al pavimento ameboide.
2. — Cellula con protoplasma finamente reticolato: *pr.*, protoplasma; — *cr.*, cromatina; — *ac*, acromatina.

La cellula animale differisce da quella vegetale: 1.° perchè la prima manca più frequentemente di membrana cellulare, e, quando esiste, non è costituita da *cellulosa*, come nei vegetali, ma è di natura albuminoide, come il protoplasma; 2.° perchè le cellule animali sono molto più piccole di quelle vegetali: per esempio, i globuli rossi del sangue umano hanno il dia-

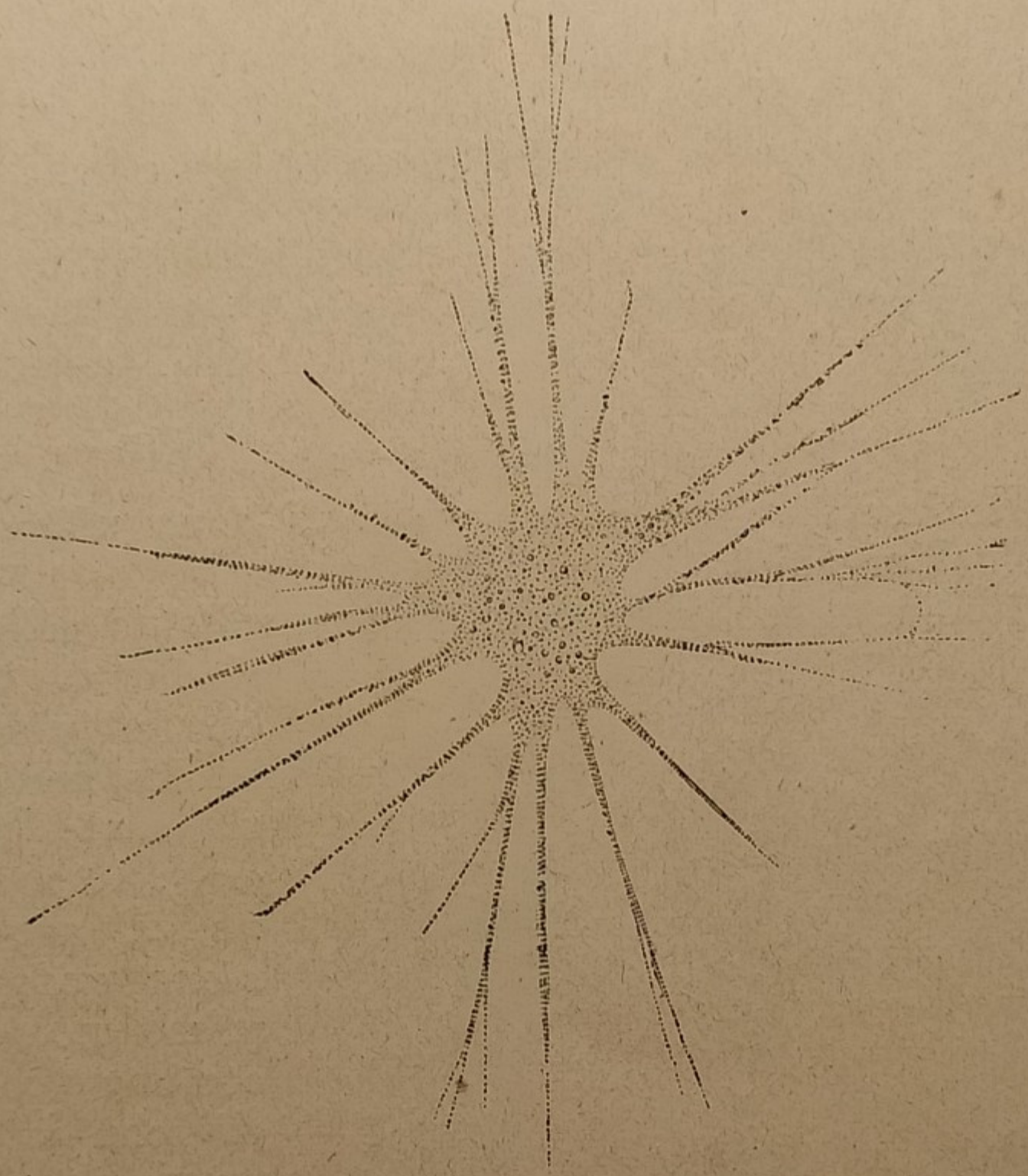


Fig. 3.

3. — *Protogenes porrecta* (classe dei Rizopodi, § 125).

metro massimo di 6 a 7 micromillimetri (1), mentre i granelli pollinici del Giglio hanno mm. 0,085 e anche più di diametro.

L'attività vitale della cellula si manifesta: 1.° colla contrattilità e coi movimenti ameboidi (fig. 1 e § 34, *nota*); 2.° colla proprietà di nutrirsi per intussuscezione, aumentando di vo-

(1) Per convenzione, gli istologi chiamano *micromillimetro* la millesima parte del millimetro e la rappresentano colla lettera greca μ.

lume e di massa ; 3.° colla facoltà *di moltiplicarsi*, ossia di generare altre cellule; e 4.° *di funzionare* ossia di acquistare

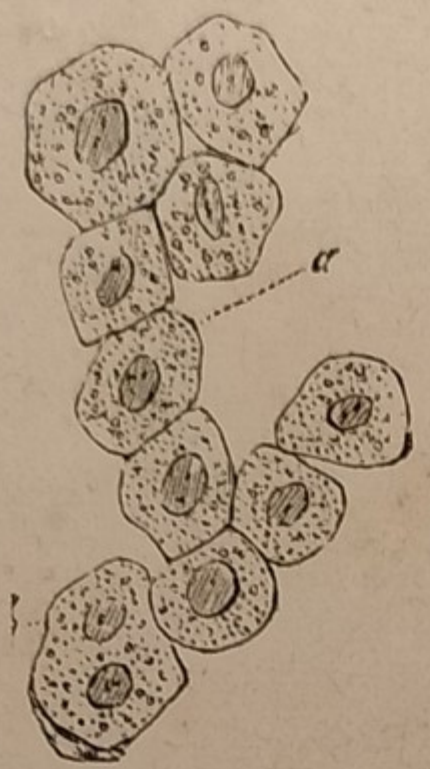


Fig. 4.

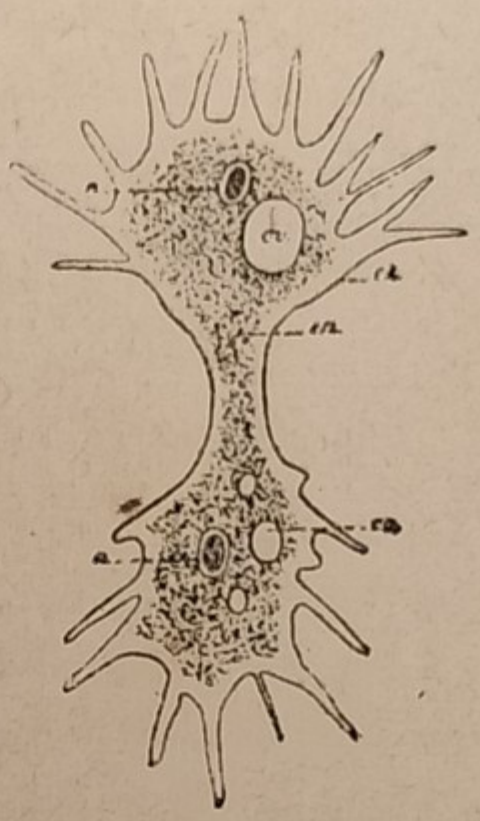


Fig. 5.

proprietà speciali e quindi rendersi atta a un ufficio determinato nell'organismo.

L'attitudine a moltiplicarsi è propria soltanto delle cellule ricche di protoplasma, e può avvenire in due modi essenzialmente diversi, cioè: 1.° per *scissione*; 2.° per *formazione endogena*. Il primo modo è il più comune e consiste in ciò che la cellula, previa la divisione del nucleo, si divide in due parti simili, ciascuna delle quali diventa una cellula completa (fig. 5 e figg. 13 e 65). La bipartizione del nucleo può essere *diretta*, cioè cominciare immediatamente coll'apparire d'una strozzatura nel nucleo stesso,

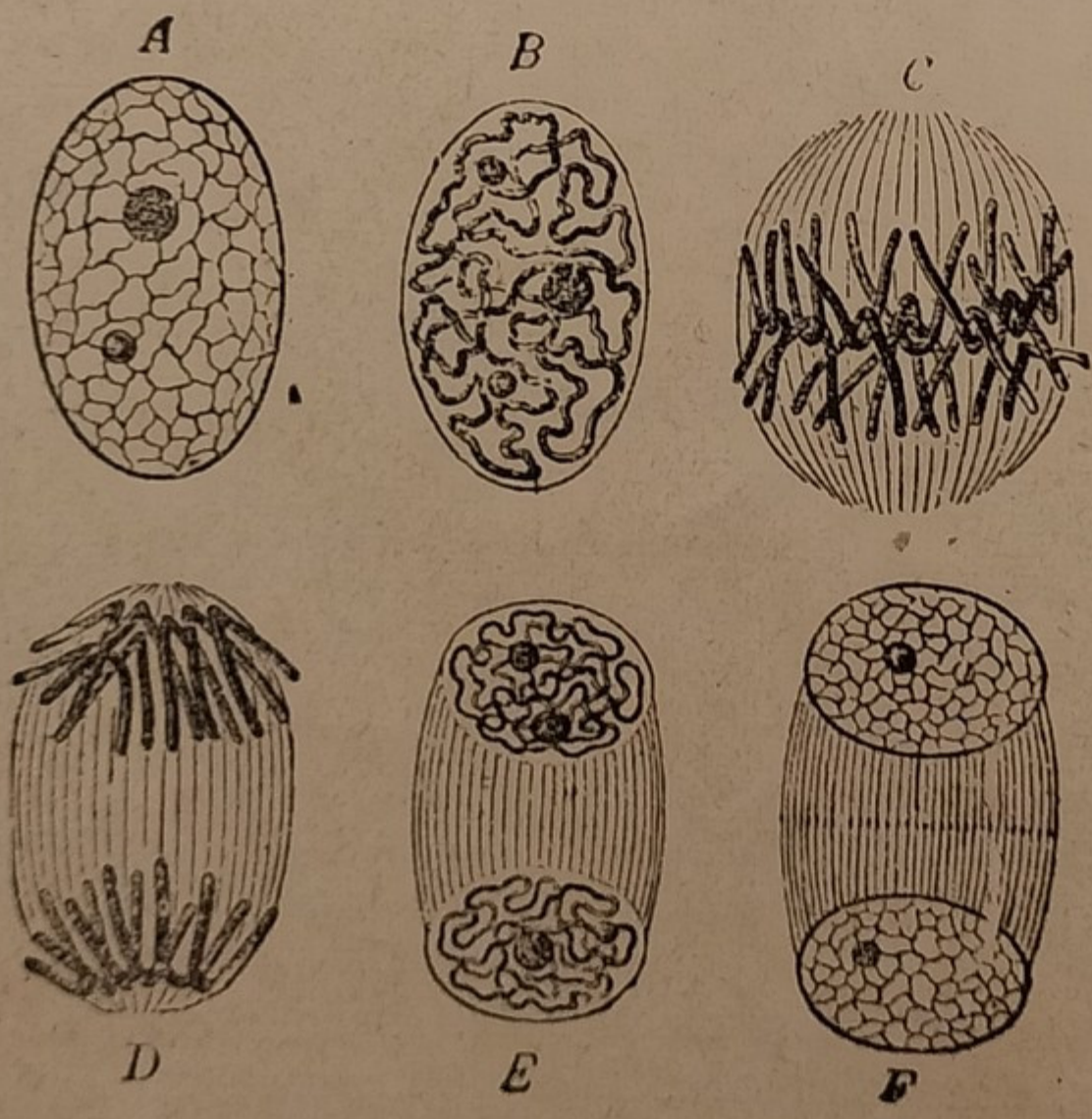


Fig. 6.

4. — Cellule del fegato umano: *a*, con un solo nucleo ; — *b*, con due nuclei.
5. — Amœba polypodia in via di divisione: *nn*, nucleo; — *cv*, vacuoli.
6. — Stadi della cariocinesi: *A*, reticolo nucleare ; — *B*, Spirema; — *C*, forma di astro; — *D*, Diastro ; — *E*, Dispirema ; — *F*, nucleo sdoppiato.

ovvero può essere *indiretta*. In questo secondo caso, anzitutto il centrosoma si divide in due parti, mentre il nucleo diventa un poco ellissoidale e la sua sostanza si fa filamentosa (*spirema*); poi i filamenti, dapprima irregolari e aggomitolati, a poco a poco si dispongono come tanti meridiani passanti per le due estremità o poli del nucleo (stato di *astro*), che sono formati dai centrosomi derivati; infine, in corrispondenza al piano equatoriale del nucleo, i filamenti si rompono, e, retraendosi verso i poli, finiscono col costituire due masse nucleari separate, come si vede nella fig. 6. Il complesso di questi fenomeni si chiama *Cariocinesi* (da κάρυον, *nocciolo* e κινὲσις *movimento*) o *mitosi*.

La *formazione endogena* consiste in ciò, che il protoplasma di una cellula si divide in piccole masse le quali si trasformano in altrettante cellule, senza che a tale processo partecipi direttamente la membrana della cellula madre, la quale, a tempo opportuno, si rompe, onde le nuove cellule possano uscire alla luce (fig. 67).

Tutti gli animali si dividono in due grandi gruppi, cioè: 1.° *Protozoi,* animali costituiti da una sola cellula (unicellulari); 2.° *Metazoi,* animali con corpo pluricellulare.

Nei metazoi le cellule non sono tutte eguali, ma presentano una differenziazione di struttura, corrispondente alla localizzazione delle funzioni organiche, e perciò diventano atte a esercitare uffici speciali nelle diverse parti del corpo. In altre parole, nei Metazoi, si verifica la così detta *divisione del lavoro fisiologico,* la quale è in diretta proporzione colla elevatezza dell'animale (minima nei Celenterati e massima nei Mammiferi), e serve a giudicare del posto più o meno elevato che una data specie occupa nella serie degli animali.

2. **Classificazione dei tessuti.** — Si chiama *tessuto un aggregato di cellule simili che hanno proprietà comuni.* I tessuti, associati in modi diversi, costituiscono gli *organi.* Per esempio, la pelle è un organo, in cui distinguiamo una membranella sottile e superficiale (l'epidermide), che si può togliere, senza far sangue, ed uno strato sottoposto (il *derma*), di spessore molto maggiore e ricco di vasi sanguigni. Nel derma esistono dei filamenti bianchi, i quali gli dànno la sensibilità, e la sua superficie interna è munita (almeno in certe parti del corpo) di cordoncini contrattili, i quali, contraendosi e rilassandosi, pongono in movimento la pelle. Orbene, l'epidermide è formata da un tessuto, detto *epiteliale;* il derma da un altro tessuto, detto *connettivo;* i filamenti bianchi sono costituiti da un terzo

tessuto speciale (*nervoso*) ed i cordoncini contrattili da un quarto tessuto, detto *muscolare*. La pelle è, dunque, formata dalla juxtapposizione di quattro sorta di tessuti: — l'*epiteliale*, il *connettivo*, il *muscolare* ed il *nervoso*; ai quali si deve aggiungere il *sangue*, che si può considerare come un *tessuto liquido*.

Questi cinque tessuti sono essenzialmente differenti tra di loro per la struttura e per le proprietà; ed esaminando qualunque altro organo del corpo di un animale, lo troviamo sempre formato da tessuti identici od affini ad uno di essi. Dunque possiamo classificare i tessuti animali, dividendoli in cinque gruppi, che sono:

Fig. 7.

1.° *Tessuti epiteliali*, cioè: tessuto corneo ed epidermide, epiteli p. d. e tessuto ghiandolare.

2.° *Tessuti della sostanza congiuntiva*, cioè: tessuto gelatinoso, connettivo ordinario, adiposo, elastico, cartilagineo ed osseo.

3.° *Tessuti muscolari* suddivisi in lisci e striati.

4.° *Tessuto nervoso* formato dai gangli e dai nervi.

5.° *Il sangue*.

Riservandomi di parlare del sangue più innanzi, qui farò un cenno dei primi quattro gruppi di tessuti.

3. **Tessuti epiteliali**. — I tessuti epiteliali sono caratterizzati dall'essere costituiti da sole cellule, riunite direttamente tra loro, ossia senza o con pochissima materia intercellulare interposta (figg. 7 e 8), perciò si chiamano anche *tessuti di semplici cellule*.

Si distinguono tre sorta di tessuti epiteliali e sono: il *tessuto corneo*, gli *epitelii propriamente detti* e il *tessuto ghiandolare*.

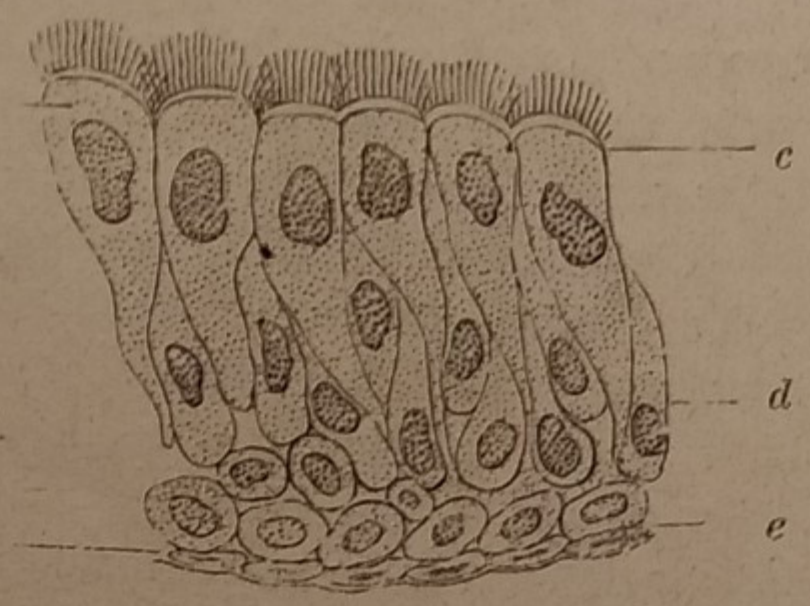


Fig. 8.

Il *tessuto corneo* è costituito da cellule disseccate, schiacciate a modo di scaglie sottili, nelle quali il protoplasma è

7. — Epidermide umana a cellule molto giovani (ingrandite di 400 volte).
8. — Epitelio cilindrico vibratile stratificato della laringe del cavallo: *a*, epitelio vibratile; — *b*, cellule piatte; — *c*, strato esterno; — *d*, forme intermedie; — *e*, strato interno.

convertito totalmente in una sostanza, cornea, detta *cheratina*. Esso forma l'*epidermide* che ricopre esternamente la pelle. Le unghie e le corna sono pure formate dalla sovrapposizione di tanti strati di cellule epiteliali cornee.

Gli *epitelii propriamente detti* sono membranelle, che rivestono le cavità interne del corpo, sia chiuse (*endotelii*), sia comunicanti coll'esterno. Le loro cellule sono molli, fornite di

Fig. 9.

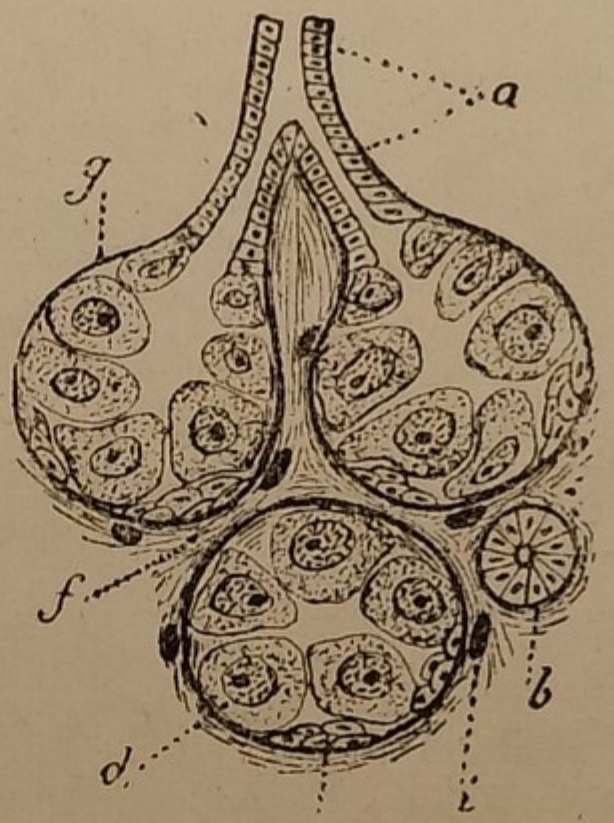


Fig. 10.

protoplasma, di membrana e di nucleo, e di forma assai diversa. L'epitelio dicesi *pavimentoso, cilindrico, conico,* a seconda della forma delle cellule. Chiamasi *vibratile* un epitelio a cellule cilindriche, munite alla loro superficie esterna da piccolissimi filamenti in continuo movimento (fig. 8 *a*).

4. **Tessuto ghiandolare.** — Le cellule del tessuto epiteliale possono avere la proprietà di secernere, ossia segregare dal sangue liquidi speciali (*secrezioni*): allora si dice che formano una *ghiandola.*

Le ghiandole possono essere *unicellulari,* come le ghiandole salivari della Formica, ovvero *pluricellulari.* In questo secondo caso, che è il più frequente, la ghiandola è costituita da un fondo cieco, formato da una membranella connettiva,

9. — Ghiandole salivari unicellulari di Formica.
10. — Struttura delle ghiandole salivari: *a*, canale escretore: — *b*, sezione trasversale d'un canale escretore; — *c*, *d*, cellule epiteliali (secretive) degli acini; — *f*, tessuto connettivo interglobulare; — *g*, parete propria degli acini; — *i*, vasi tagliati di traverso.

tappezzata internamente da cellule epiteliali, ossia è un epitelio invaginato nel tessuto sottoposto (fig. 10). Di solito il prodotto di secrezione si riversa in un condotto, detto *canale escretore*, il quale si apre al di fuori. La ghiandola può essere rigonfia, verso il fondo, e ristretta, a guisa di collo di bottiglia, verso l'apertura, ovvero può presentare lo stesso diametro su tutta la sua estensione. Nel 1.° caso la ghiandola dicesi *otricolare* o *ad acino* (fig. 11), nel secondo *a tubo* (fig. 12).

Fig. 11

Sia le une che le altre possono essere *semplici* o *composte*. Le ghiandole *composte a tubo* sono formate da tanti fondi ciechi a forma di tubetti, i quali riversano il loro prodotto in un condotto escretore unico; tali sono, per es., le ghiandole peptiche (fig. 34). Le ghiandole *composte otricolari*, dette pure *racemose* ossia *a grappolo* (fig. 11), somigliano ad un racemo composto, in cui i numerosi acini sono rappresentati dagli otricoli secernenti e il picciuolo dal condotto escretore comune.

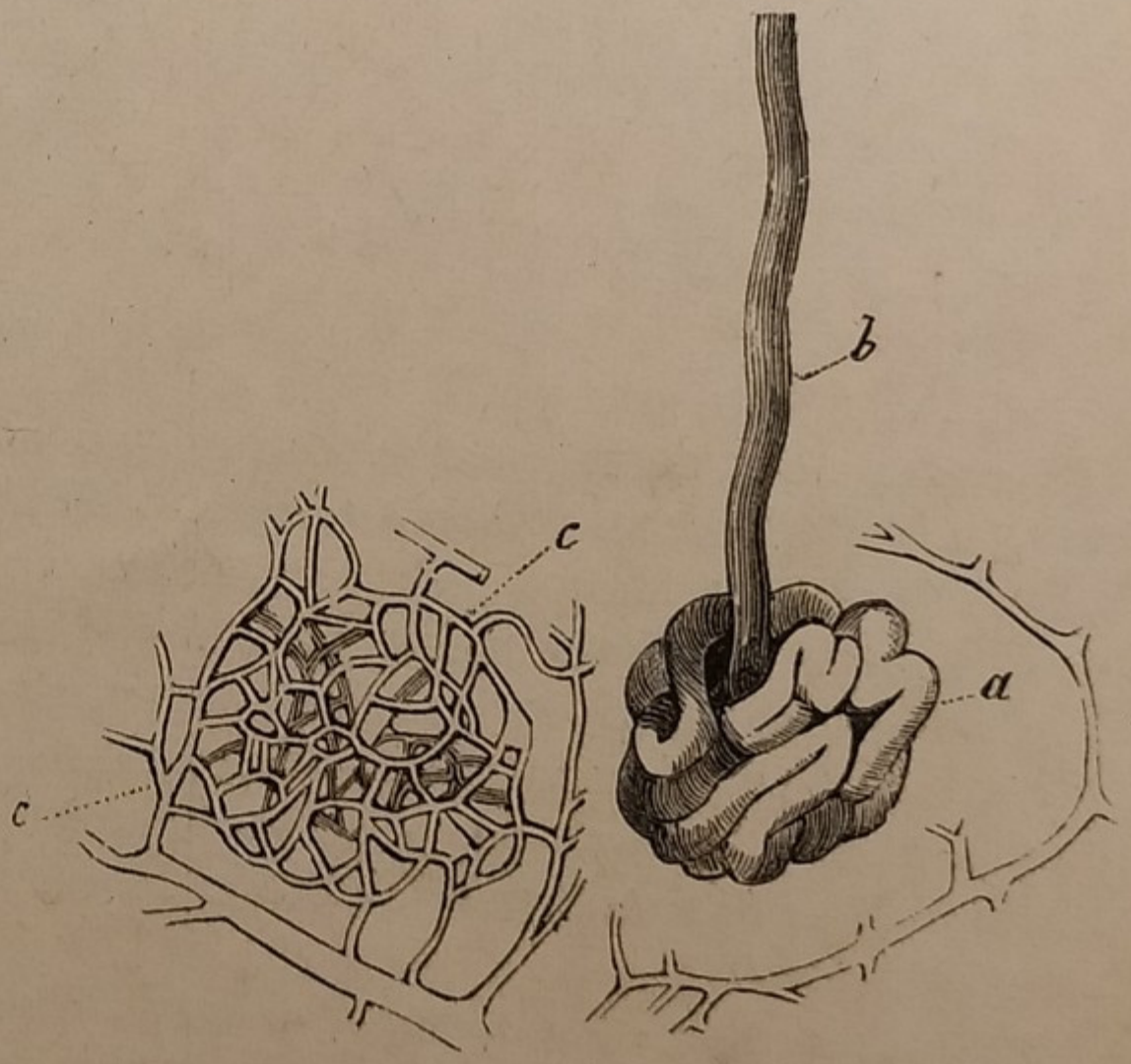


Fig. 12.

11. — Intima struttura di una ghiandola a grappolo (parotide).
12. — Ghiandola sudorifera umana (molto ingrandita): *a*, la ghiandola ravvolta a gomitolo e circondata da una vena; — *b*, il dotto escretore; — *c*, vasi capillari sanguigni, che circondano il gomito.

Alcuni dei liquidi secreti dalle ghiandole sono eliminati dall'organismo e sono detti *escrementizii* (sudore, orina), altri sono impiegati pel compimento di funzioni speciali e si dicono *recrementizii*. Le secrezioni recrementizie, per il loro ufficio, possono suddividersi in *generali*, come sono quelle destinate alla digestione (saliva, succo gastrico, bile, ecc.), e alla riproduzione (*secrezioni sessuali*), ovvero *speciali*, che esistono

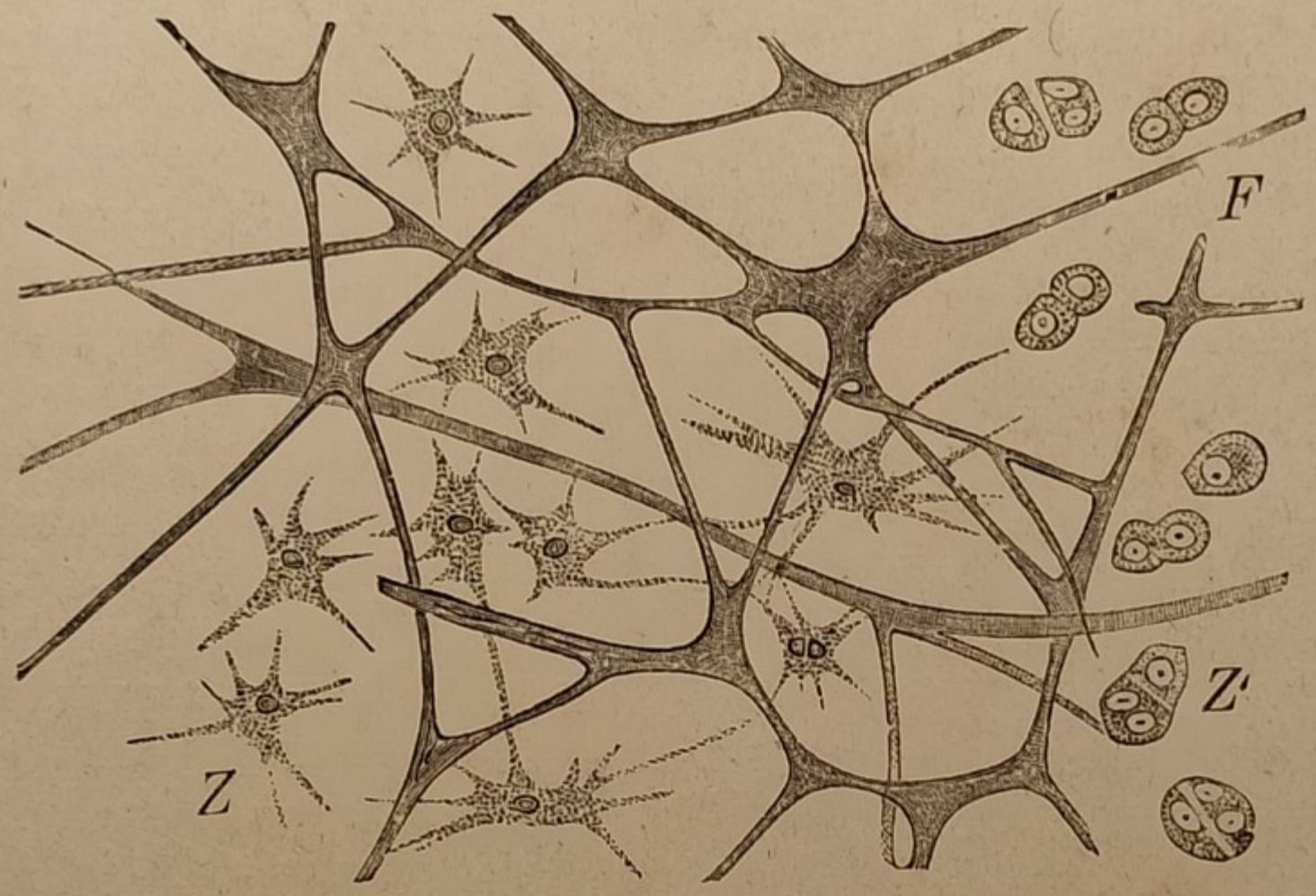


Fig. 13.

soltanto in alcuni gruppi di animali (ghiandole velenifere, odorifere, sericifere, ecc.).

5. **Tessuti connettivi.** — Sono tessuti che si distinguono dagli epiteliali, perchè le loro cellule sono separate le une dalle altre da una *materia intercellulare* più o meno abbondante, la quale le tiene unite a guisa di cemento. Si chiamano *connettivi*, perchè questi tessuti servono a connettere, ovvero a sostenere, a ravvolgere e difendere gli altri tessuti.

Si distinguono diverse forme principali dei tessuti connettivi, cioè il tessuto *gelatinoso*, il *connettivo ordinario*, il *tessuto adiposo*, il *tessuto cartilagineo* ed il *tessuto osseo*.

Il *tessuto gelatinoso* (fig. 13) presenta abbondante sostanza intercellulare jalina e gelatinosa, contenente molta acqua: predomina nel corpo delle Meduse e di molti animali inferiori e forma l'umore vitreo dell'occhio dei Mammiferi.

13. — Tessuto gelatinoso di Rhizostoma: — *F*, rete fibrinosa; — *Z*, cellule; — *Z*, cellule in via divisione.

Il tessuto *connettivo ordinario* o *fibrillare* forma il derma della pelle e le mucose del tubo digerente, riveste e connette tutti gli organi; insomma è il più diffuso di tutti i tessuti. Esso è formato da cellule, per lo più fusiformi o stellate, separate da un'abbondante materia intercellulare, in generale di struttura fibrillosa (fig. 14). Queste fibrille, intrecciandosi, formano delle *lacune*, piene di un umore simile alla linfa (v. § 31). Il *tessuto adiposo* è una varietà di tessuto connettivo, le cui cellule si sono assai ingrossate, riempiendosi di goccioline di grasso (fig. 15).

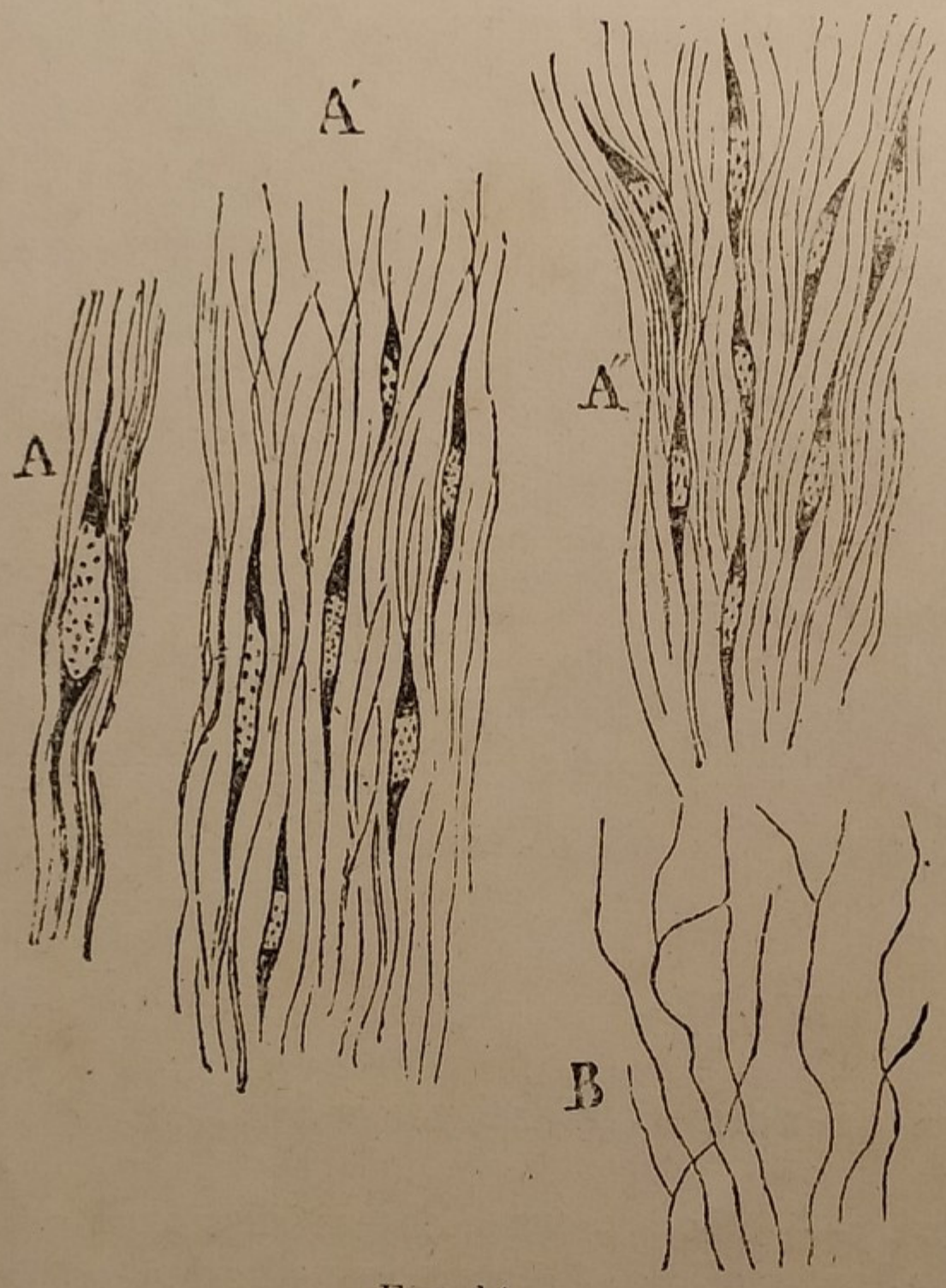


Fig. 14.

Il *tessuto elastico* è pure una varietà di tessuto connettivo, più consistente ed elastico dell'ordinario: esiste, per es., nella tonaca media delle arterie.

Il *tessuto cartilagineo*, che forma le *cartilagini permanenti*, è un tessuto connettivo compatto ed elastico. Le sue cellule sono *nucleate* e racchiuse in una capsula (fig. 16). Da principio la materia intercellulare è omogenea e poco abbondante, più tardi diventa fibrillosa e più copiosa *(fibro-cartilagini)*.

6. **Tessuto osseo.** — Il *tessuto osseo* è tessuto connettivo, la cui materia intercellulare è suddivisa in tante *laminette* più o meno irregolari, infiltrate di sali calcarei (specialmente fosfato e carbonato), che danno la grande consistenza al tessuto. Le cellule si trovano racchiuse in tante piccole lacune

14. — *A, A'*, tessuto connettivo, molto giovane, di porco; — *A''*, idem, di uomo; — *B*, parte fibrillare del tessuto connettivo dopo la bollitura.

ramificate (dette *corpuscoli ossei*), comunicanti tra di loro, per mezzo di sottilissimi canaletti. Il tessuto osseo è percorso anche da canaletti molto più larghi e comunicanti tra di loro (detti *canali midollari* o *nutritivi*), entro i quali scorrono i vasi sanguigni ed i nervi per la nutrizione dell'osso (fig. 17). Le ossa sono sempre rivestite da una membrana di tessuto connettivo, detto *periostio*, il quale è destinato a ricevere i nervi ed i vasi sanguigni, che, per mezzo dei canali midollari, penetrano nell'interno del tessuto osseo, per nutrirlo.

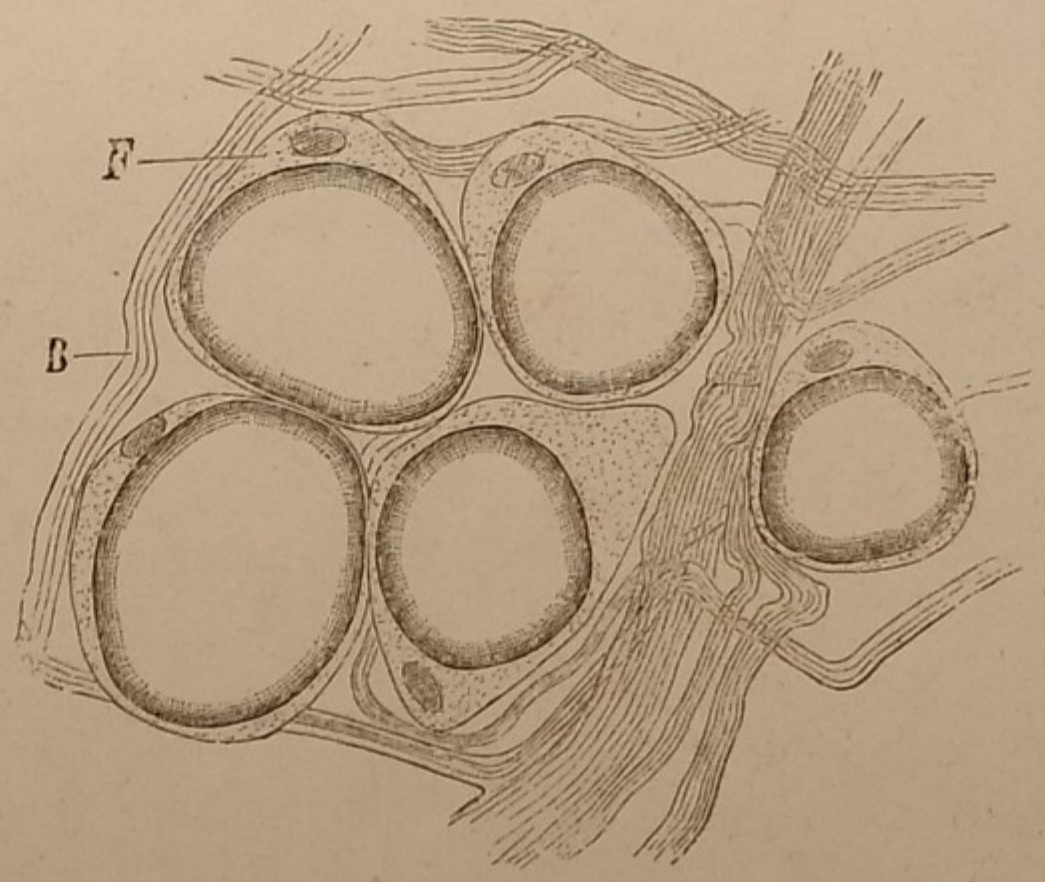


Fig. 15.

Negli animali giovani, le ossa dapprima esistono allo stato di un tessuto molle e mucoso; poi prendono la consistenza di cartilagini *(cartilagini temporanee)*, e finalmente a poco a poco acquistano la durezza propria del tessuto osseo.

Che nel tessuto osseo si trovi realmente una sostanza animale organica ed una sostanza inorganica (fosfato di calcio) lo prova il fatto che, le ossa esposte al fuoco, anneriscono, mandando odore disgustoso (per la sostanza organica che si decompone), ed infine si imbiancano e resta la sola sostanza minerale; messe in un acido (per es., acido cloridrico), questo discioglie la sostanza minerale, lasciando la parte organica intatta. Precisamente, si è trovato che le ossa umane, su 100 parti in peso, contengono, secondo Roscoe, circa 33 di materia animale (gelatina), 57 di fosfato di calcio, 8 di carbonato di calcio e 1 di fosfato di magnesia.

Fig. 16.

15. — Tessuto adiposo: — *F*, cellule adipose; — *B*, fibrille connettivali.
16. — Fibro-cartilagine veduta al microscopio.

7. **Tessuto muscolare**. — È costituito da cellule allungate in forma di fuso (fibrocellule), la cui proprietà funzionale caratteristica è la *contrattilità* (fig. 18). Queste cellule, mentre hanno solo circa un millesimo di millimetro di grossezza, sono lunghe in media 4 centimetri (nell'uomo). Le fibro-cellule mu-

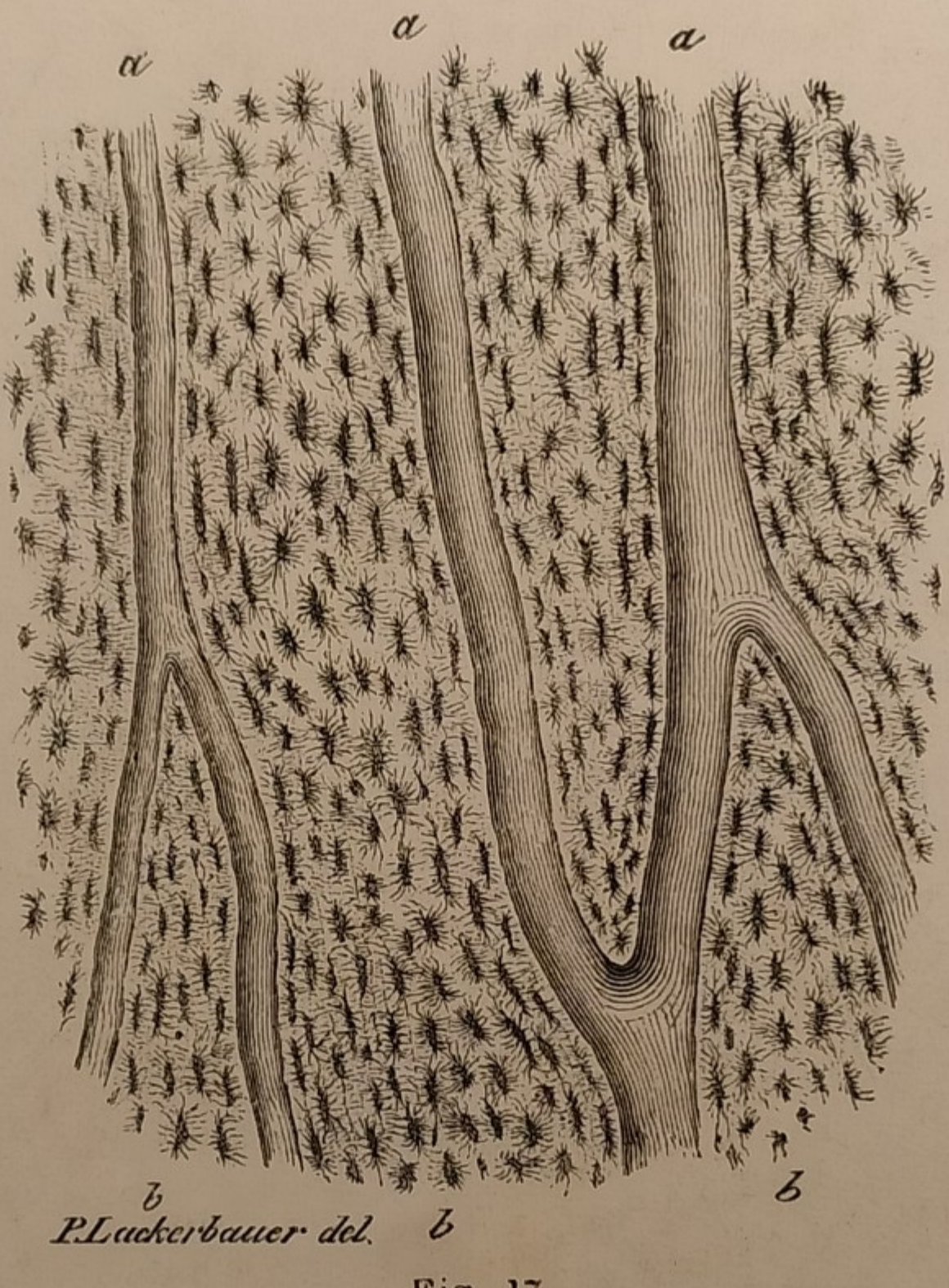


Fig. 17.

scolari si giustappongono in numero molto grande a formare dei *cordoni* o *fascicoli primitivi*; i quali si riuniscono, alla loro volta, in un numero più o meno grande, per costituire un muscolo. Una membranella di tessuto connettivo, detta *perimisio*, tiene uniti i fascicoli primitivi e avvolge l'intero muscolo.

I muscoli presentano il colore stesso del sangue dell'animale a cui appartengono, perchè ne sono penetrati in tutti i punti. Essi costituiscono quella parte dell'animale, che volgarmente dicesi *carne*.

17. — Sezione longitudinale di un osso (omero dell'uomo): *a*, *a*, canali midollari o dell'Havers; — *b*, *b*, corpuscoli ossei o osteoplasti.

Le cellule-fibre dei muscoli presentano il contenuto protoplasmico ora *omogeneo* ed ora finamente diviso trasversalmente, ossia *striato*. I muscoli quindi si chiamano *muscoli lisci* nel primo caso, *muscoli striati* nel secondo (figg. 18 e 19) Nei vertebrati, i primi servono pei movimenti involontari del tubo digerente, dei vasi sanguigni, ecc., i secondi, invece,

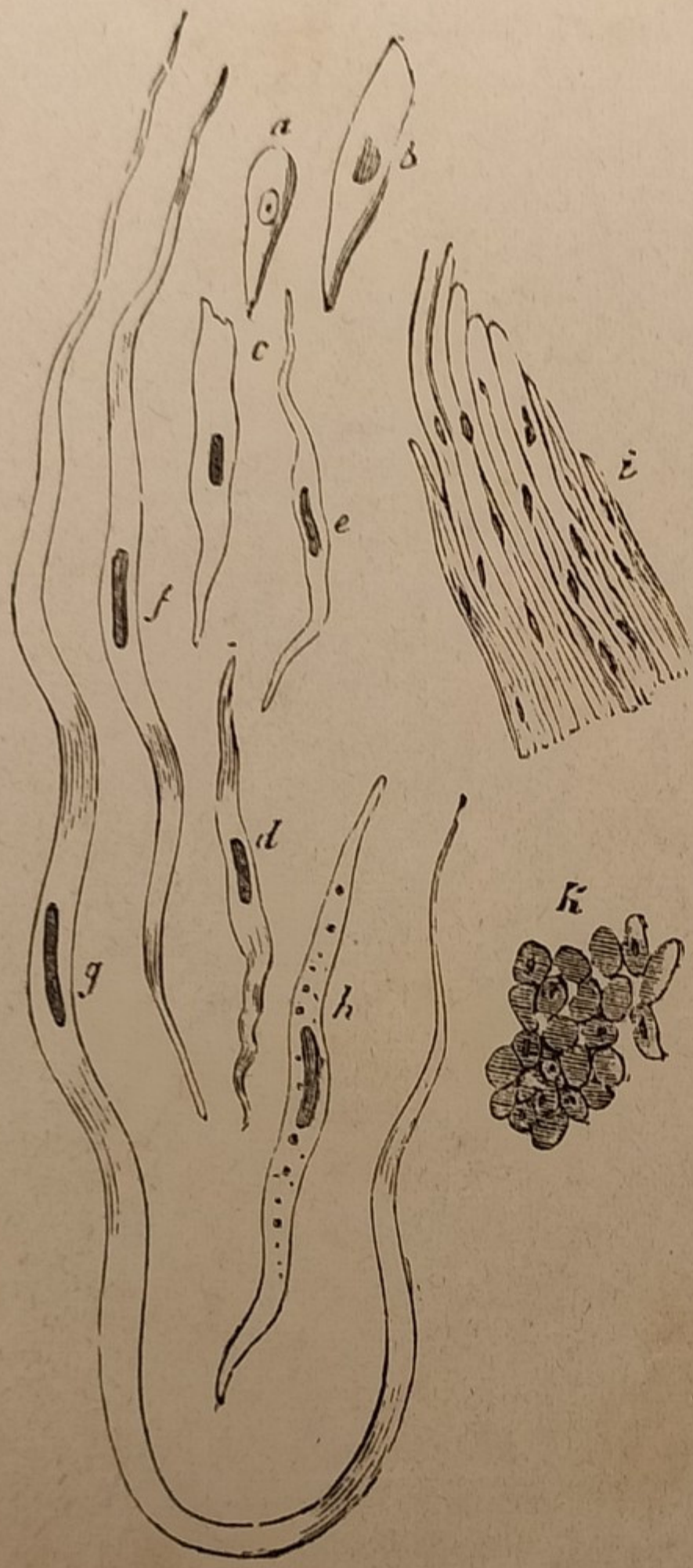


Fig. 18.

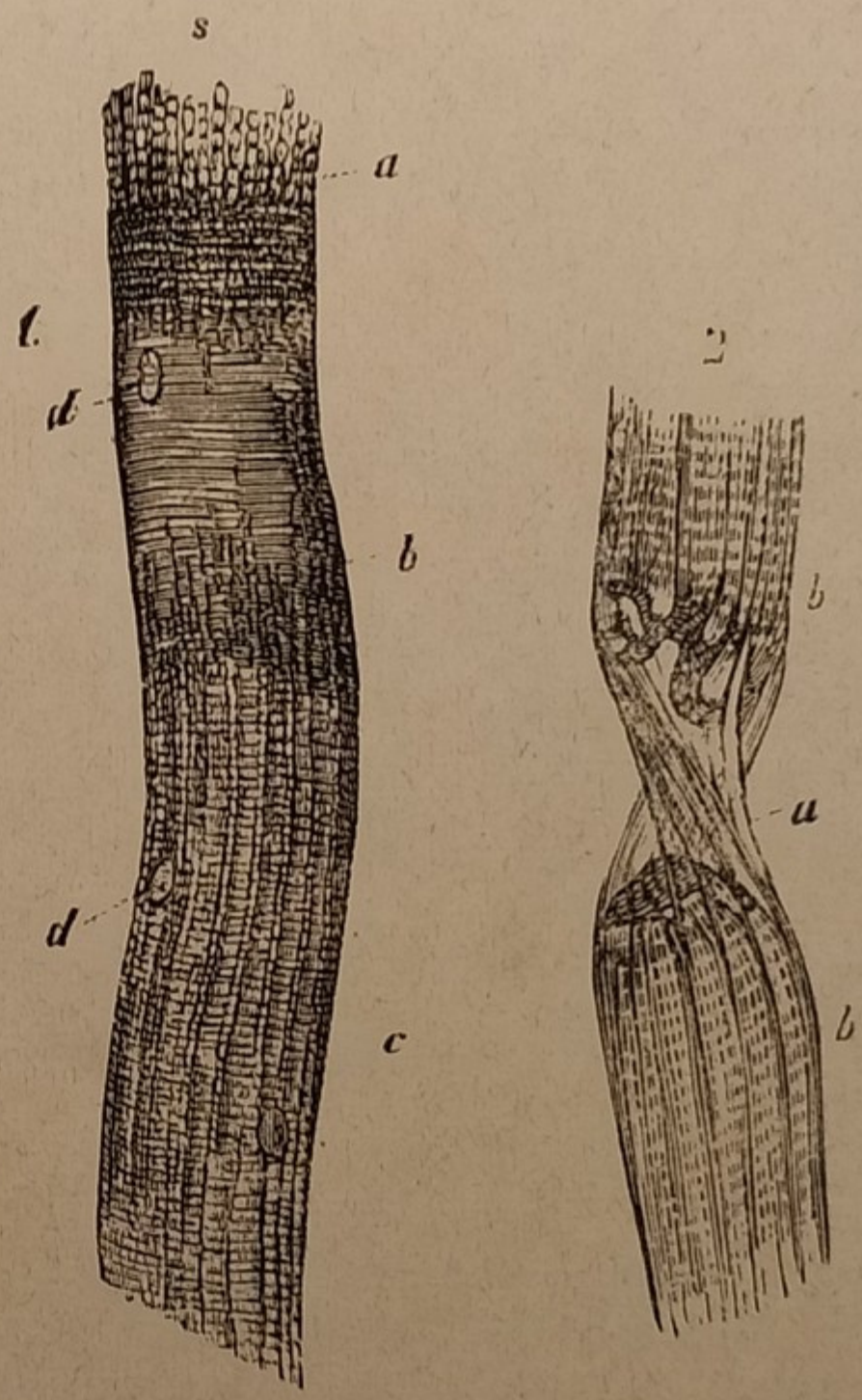


Fig. 19.

pei movimenti volontari. La distinzione, però, non è assoluta, perchè nei vertebrati il cuore (i cui movimenti sono involontari) è costituito da fibre striate. Negli animali invertebrati poi,

18. — Da *a* ad *h*, fibre liscie del tessutp muscolare dell'uomo: — *i*, fascetto di fibre muscolari liscie dell' uomo; — *k*, sezione trasversale di fibre muscolari liscie di bue.

19. — I. fibra muscolare striata: *a*, fibrille primitive; — *b*. *c*, strie trasversali e longitudinali; — *d*, nucleo; — 2, altra idem; — *a*, sarcolemma.

talvolta i muscoli sono tutti striati (per es., negli Artropodi), e spesso sono tutti lisci.

Le fibre striate sono più complicate di quelle lisce, cioè presentano: 1.° la sostanza propria contrattile divisa in dischi; 2.° una sostanza omogenea (sarcoplasma) che tiene uniti questi

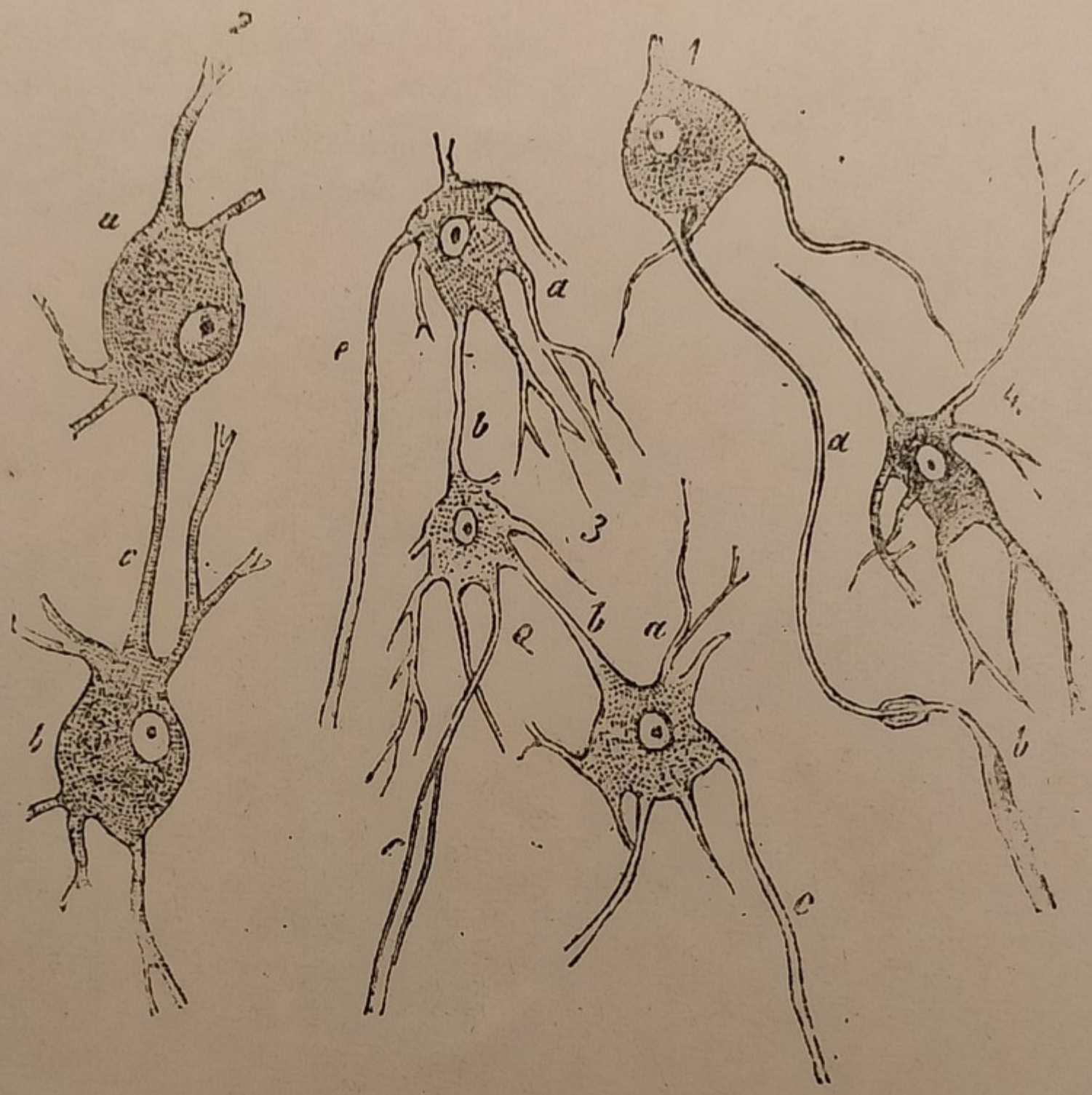


Fig. 20.

dischi; 3.° una membranella tenace esterna provvista di nuclei (sarcolemma), la quale rappresenta la membrana cellulare, e non va confusa col perimisio detto sopra.

8. **Tessuto nervoso.** — Il tessuto nervoso forma in tutti gli animali, che lo possiedono differenziato, delle parti centrali, dette *gangli,* che sono masse subrotonde e molli (cervello, cervelletto e midollo spinale nei vertebrati) e delle parti periferiche, dette *nervi*, che sono cordoni bianchicci, destinati a

20. — Cellule nervose della sostanza grigia del cervello dell'uomo: 1, neurone, cioè cellula il cui neurite *a* continua nell'asse-cilindro di una fibra nervosa *b*; — 2, cellule riunite mediante le code; — 3, altre idem; *a*, *b*, dendriti; *c*, *e*, *f*, neuriti; — 4, cellula isolata con molte code (dendriti).

mettere in comunicazione i gangli con tutte le diverse parti dell'organismo.

I gangli sono costituiti da *sostanza nervosa grigia*, la quale risulta da cellule con protoplasma, nucleo e nucleolo, senza membrana, di forma per lo più subsferica, fornite di prolungamenti o *code* (figg. 20 e 21). Talvolta queste cellule sono

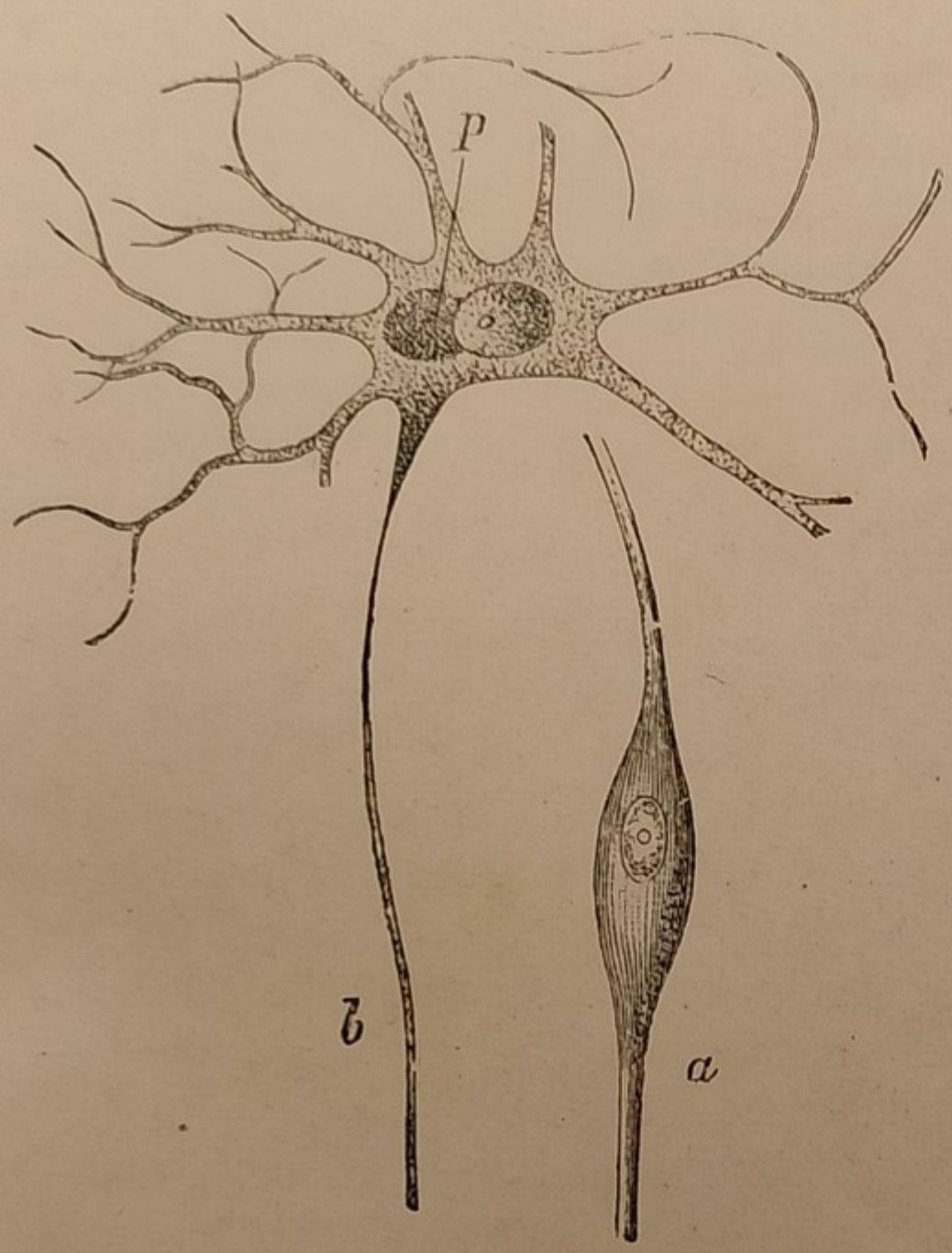


Fig. 21.

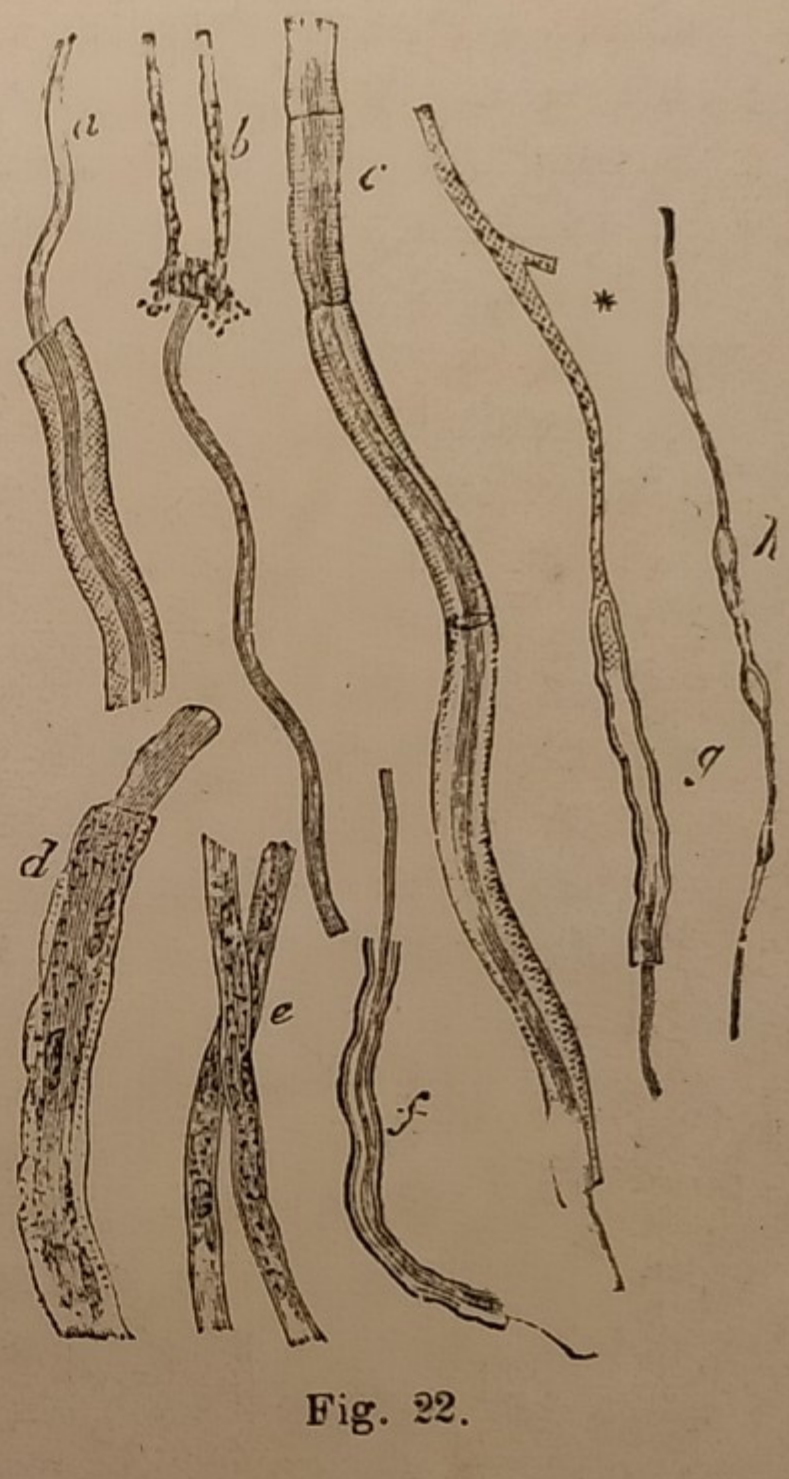


Fig. 22.

fusiformi e hanno due soli prolungamenti (cellule bipolari), ma per lo più hanno molti prolungamenti (cellule moltipolari).

I nervi (fig. 22) sono formati dalle così dette *fibre nervose*, che sono cordoncini assai allungati e possono essere *midollate*, *amidollate* e *nude*. Nel primo caso, la fibra nervosa risulta dall'esterno all'interno di una parete sparsa di nuclei, detta *guaina trasparente* o *guaina dello Schwann*, di una sostanza molle e grassa, detta *mielina* (*midolla nervosa* o

21. — *a*, cellula gangliare bipolare; — *b*, cellula moltipolare del midollo spinale dell'uomo; — *p*, ammasso di pigmento (da Gerlach).

22. — Fibre nervose della sostanza bianca: *a*, di Rana, ove si vede l'asse cilindrico ben distinto dalla guaina; — *b*, *c*, altre simili; — *d*, idem di Lampreda; — *e*, idem di vitello; — *f*, *g*, *h*, fibre nervose dell'encefalo umano.

guaina midollare), e, al centro, di un cordone di sostanza amorfa, detta *asse-cilindro* o *cilindrasse*. La guaina midollare è divisa in segmenti irregolari da restringimenti o interruzioni. Le fibre nervose diconsi *amidollate* o *fibre pallide,* quando manca la mielina; tali sono quelle dei nervi del Gran simpatico. Infine nelle terminazioni dei nervi, le fibre sono *nude,* cioè formate dal solo cilindrasse; il quale termina, da una parte, ad un prolungamento delle cellule ganglionari, dall'altra all'organo innervato. Il cilindrasse è, adunque, la sola parte veramente essenziale della fibra nervosa.

I prolungamenti delle cellule gangliari si distinguono in *protoplasmatici* (dendriti) e in *nervosi* (neuriti). I primi sono numerosi, si ramificano assai, e si continuano, secondo alcuni, coi dendriti delle cellule vicine mettendole così in comunicazione diretta le une colle altre. I secondi (neuriti) sono meno numerosi (uno per ogni cellula) e si continuano col cilindrasse d'una fibra nervosa.

Una cellula nervosa (fig. 20, 1) coi suoi dendriti e colla fibra nervosa relativa, prende il nome di *neurone,* ed è il vero elemento anatomico del sistema nervoso.

Tanto nei gangli, quanto nei nervi s'interpone alle cellule ed alle fibre nervose una trama di tessuto connettivo, che serve a dar loro una certa consistenza. Per il colore, si distingue sempre nel tessuto nervoso una parte *bianca,* che è formata solo di fibre midollate e una parte *grigia,* che risulta da cellule ganglionari miste a fibre amidollate.

9. **Composizione chimica degli animali.** — I corpi composti di cui risultano i tessuti animali, si chiamano *principii chimici immediati* degli animali. Tra essi i più importanti sono di natura albuminoide (pag. 1, nota). Di tale natura è sempre non solo il *protoplasma,* ma anche la parete cellulare (§ 1). Tali sono pure l'*albumina,* che forma il bianco dell'uovo e si trova sciolta nel sangue; la *fibrina,* che esiste nel sangue e nei muscoli; la *caseina,* che s'incontra nel latte e nel rosso dell'uovo.

I *tessuti connettivi* sono costituiti, in gran parte, da una *sostanza azotata* (contenente carbonio, ossigeno, idrogeno, azoto e tracce di zolfo), detta *gelatina,* non solubile nell'acqua, ma che, dopo l'ebollizione, si trasforma in una modificazione solubile che è la *colla*. La materia animale del *tessuto osseo* è pure gelatina (§ 6).

La *cheratina* del tessuto corneo (§ 3) è una sostanza formata da carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto e zolfo.

Nel *tessuto muscolare* esiste una varietà di fibrina detta *miosina*, molta acqua ed una sostanza speciale detta *osmazoma*, a cui le carni devono il loro sapore caratteristico.

Il *tessuto nervoso* dei gangli contiene, insieme a diverse materie albuminoidi, una sostanza azotata speciale, ricca di fosforo, detta *protagono*.

Per compiere l'elenco dei principali composti chimici, di cui risultano i tessuti animali, bisogna aggiungere, a quelli ora nominati, l'*ematina* (contenente ferro), che dà il rosso ai globuli del sangue (1), diversi *grassi* e *zuccheri*, il *cloruro di sodio*, vari *sali calcarei* del tessuto osseo, la *pepsina* del sugo gastrico, la *taurina* e la *colina* della bile, *l'urea* dell'orina, ecc. Queste ultime quattro sostanze sono tutte composte di carbonio, idrogeno, ossigeno ed azoto.

10. **Funzioni degli animali.** — Si chiamano *funzioni* gli atti o fenomeni che si compiono negli esseri viventi. Gli animali sono esseri organizzati, che si *nutrono*, si *riproducono*, *sentono* e si *muovono spontaneamente*; le loro funzioni quindi si dividono in *funzioni di nutrizione*, *funzioni di riproduzione* e *funzioni di relazione*. Le prime due classi di funzioni sono quelle che gli animali hanno comuni coi vegetali e si chiamano collettivamente *funzioni della vita vegetativa*, le altre sono quelle proprie e caratteristiche della vita animale epperò diconsi collettivamente *funzioni della vita animale* o *funzioni di relazione*, perchè hanno per scopo comune di mettere in comunicazione l'animale col mondo esterno.

11. **Organi, apparecchi e sistemi.** — Una parte dell'organismo animale, la quale abbia una struttura ed una funzione determinata, chiamasi *organo* (2). Quando diversi organi concorrono a compiere una stessa funzione, si dice che formano un *apparato* od *apparecchio*. Vedremo, per es., che il tubo digerente, le glandole salivali, il fegato, ecc., sono organi che concorrono al compimento della digestione; essi quindi formano l'*apparato della digestione*.

Tutti gli organi, e quindi gli apparati, sono formati dalla combinazione delle quattro sorta di tessuti già descritti. L'in-

(1) Per la composizione del sangue, vedi avanti § 34.

(2) Nell'anatomia comparata, si dicono *omologhi* gli organi che, pur avendo funzioni diverse sono al modo stesso congiunti con altre parti; e che sono, nelle diverse specie, derivati da un medesimo abbozzo embrionale; tali sono, per es., la mano anteriore della Talpa e l'ala del Pipistrello. Invece gli organi si chiamano *analoghi* o *simili* (Van der Hoeven), se sono diversi per posizione e per struttura (morfologicamente), ma hanno la stessa funzione: tali sono i polmoni, le branchie, le trachee.

sieme dei tessuti di una medesima natura, esistenti in tutti gli organi d'uno stesso animale, costituisce un *sistema*. Così tutti i nervi ed i gangli formano il *sistema nervoso*.

Riassumendo, diremo che il corpo degli animali è formato da *apparati;* questi sono formati da *organi;* gli organi sono formati da *tessuti;* i tessuti risultano da *cellule;* le quali sono

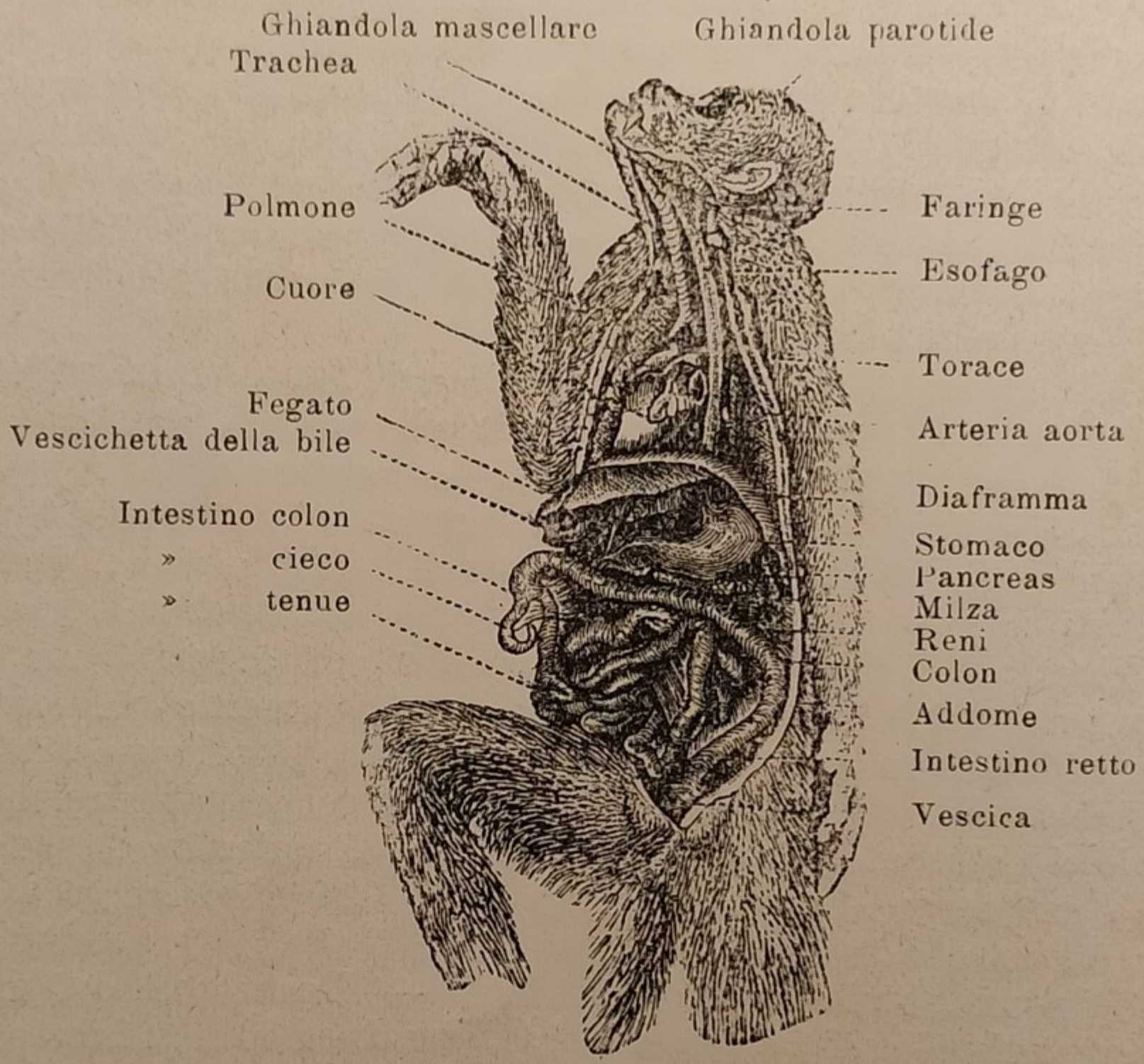


Fig. 23.

quindi gli *organi elementari,* ossia anatomicamente e fisiologicamente indivisibili, del corpo degli animali.

12. **Sguardo generale all'organismo di un vertebrato.** — Nel descrivere le funzioni degli animali, noi dovremo limitarci a parlare quasi esclusivamente degli animali vertebrati (ossia che hanno uno scheletro interno), e specialmente dell'uomo e in genere dei mammiferi e degli uccelli. Sarà quindi bene che, prima d'intraprendere lo studio particolare dei diversi organi di questi animali, diamo uno sguardo generale, al modo con cui tali organi sono disposti.

23. — Organi di nutrizione di una scimmia.

Prendiamo, ad esempio, una scimmia (fig. 23). Vedete che il suo corpo è formato dalla *testa* e dal *tronco*. Quest'ultimo è diviso in due regioni, che si chiamano *torace* (quella superiore) ed *addome* (quella inferiore). Il torace è una cavità circoscritta anteriormente e lateralmente dallo sterno, dalle coste e dai muscoli intercostali, posteriormente dalla colonna vertebrale, ed inferiormente da un sepimento di tessuto muscolare, chiamato *diaframma* (vedi fig. 58). Nel torace si trovano i due polmoni ed in mezzo ad essi il cuore. Al disotto del diaframma, ossia nell'addome, vediamo il fegato, il pancreas, i reni e la vescica, ed infine l'intestino ed il ventricolo (o stomaco), ossia tutto il tubo digerente, meno la sua prima porzione detta *esofago*, la quale attraversa il torace per passare dalla bocca all'addome.

Il tronco porta quattro appendici, chiamate *arti*, cioè: due *anteriori* o *toraciche*, attaccate al torace, e due *posteriori*, ossia *addominali*, vicino all'addome.

Nei vertebrati la parte più importante del *sistema nervoso* è formata dal cervello e dal cervelletto, situati nel cranio, e dal midollo spinale, che si trova nella colonna vertebrale. Essa quindi e posta superiormente a tutti gli organi delle funzioni di nutrizione, mentre negli animali artropodi (insetti, aracnidi, ecc.), corre, per la sua massima parte, inferiormente al tubo digerente.

II

Funzioni di nutrizione.

13. **Definizione e divisione della funzione di nutrizione.** — La nutrizione è quella funzione, per mezzo della quale l'animale introduce nel proprio interno le materie esterne dell'ambiente (chiamate *alimenti*), e le converte in propria sostanza, ossia le assimila. Effetto immediato della nutrizione è l'accrescimento dei tessuti, ed il continuo rimutamento delle sostanze chimiche di cui risultano.

Scopo delle funzioni di nutrizione è la conservazione dell'individuo.

Negli animali alquanto elevati di struttura, la nutrizione si compie per mezzo d'una serie di atti, che, nominati secondo l'ordine con cui succedono, sono: la *prensione degli alimenti*, *la digestione*, *l'assorbimento*, *la circolazione*, *la respirazione*, *l'assimilazione* e *le escrezioni*.

1. Natura degli alimenti e loro prensione

14. **Natura degli alimenti.** — I principali alimenti degli animali, avuto riguardo alla loro composizione chimica, si possono ridurre a quattro gruppi, cioè: 1.° le *materie azotate* ossia *albuminoidi*, che si trovano nelle carni di altri animali ed in piccola quantità anche nei vegetali; 2.° le *sostanze idrocarbonate*, cioè l'amido e gli zuccheri (1.ª, § 6), che abbondano specialmente nei frutti e nei semi dei vegetali; 3.° i *grassi* e gli *olii* (1), i quali si trovano in gran quantità tanto nei semi dei vegetali come nelle carni degli animali: 4.° l'*acqua* e il *cloruro di sodio* (1.ª, § 5) e poche altre sostanze inorganiche (per esempio, il carbonato e il fosfato di calcio).

Rispetto all'ufficio che hanno nell'organismo animale, gli alimenti si dividono in *plastici, respiratorii* e *nervosi*. Alimenti plastici sono le sostanze azotate (albumina, fibrina, caseina, ecc.), perchè destinati a fornire le materie più importanti per la nutrizione del sangue, dei muscoli, del sistema nervoso, ecc. Invece l'amido, gli zuccari, gli olii e i grassi si dicono *respiratorii* perchè sono specialmente destinati a fornire il carbonio e l'idrogeno, che devono combinarsi coll'ossigeno introdotto nell'organismo, per formare anidride carbonica ed acqua e produrre, nello stesso tempo, il *calore animale*. Infine l'alcool, il caffè, l'oppio, ecc., si dicono *alimenti nervosi*, perchè agiscono direttamente sul sistema nervoso, eccitandone o rallentandone le funzioni.

Si vede, adunque, che, eccettuando l'acqua ed il cloruro di sodio, gli animali prendono tutti gli alimenti dalle piante o dagli altri animali, ossia alimenti di natura organica; perchè non sono capaci di assumere direttamente dal regno inorganico il carbonio, l'idrogeno, l'ossigeno e l'azoto e trasformarli nelle sostanze albuminoidi od idrocarbonate, di cui risultano.

Ma provvidenzialmente questa facoltà, che manca agli animali, la possiedono i vegetali (1.ª, § 96); e così i minerali sono destinati a mantenere la vita dei vegetali; questi quella degli animali; i vegetali e gli animali quella dell'uomo, al cui vantaggio il Creatore ha ordinato, con infinita sapienza, tutta l'economia tellurica.

15. **Regime degli animali.** — Alcuni animali si nutrono esclusivamente di sostanze vegetali, altri esclusivamente di so-

(1) I grassi e gli olii sono composti ternarii formati da carbonio, idrogeno e ossigeno, ma non appartengono al gruppo degli idrati di carbonio (pag. 1 nota).

stanze animali, altri, infine, promiscuamente delle une e delle altre. Orbene, si suol dire che i primi animali hanno *regime erbivoro;* i secondi *regime carnivoro;* i terzi *onnivoro.* Gli animali erbivori si chiamano poi *fitivori, frugivori, granivori,* secondo che si alimentano specialmente di fusti, di frutti, ovvero di semi.

16. **Prensione degli alimenti.** — Gli organi della sensività e della locomozione sono nella più stretta relazione col regime dell'animale cui appartengono. I carnivori di preda viva, per esempio, sono forniti di organi sensorii molto sviluppati, di arti atti alla corsa ed alla presa, di denti aguzzi e taglienti, portati da mascelle robuste, ecc. Si vede quindi come dalla struttura di un dente o di un altro organo importante, sia possibile argomentare la generale conformazione di tutto l'organismo di un animale, come per il primo insegnò Giorgio Cuvier.

Fig. 24.

Gli organi di prensione degli alimenti sono molto vari. Nel maggior numero di animali sono le labbra e le mascelle. L'uomo e le scimmie adoperano le mani. Alcuni animali si servono della lingua (es., Formichiere); altri del naso molto prolungato e pieghevole (es., Elefante); altri delle appendici di diversa natura, che circondano la loro cavità orale, e che chiamansi *tentacoli* nei Molluschi e nei Celenterati (fig. 24).

Le sostanze liquide vengono introdotte nell'organismo in generale per un fenomeno d'aspirazione. Il cane fa agire la bocca come una tromba aspirante, di cui la lingua è lo stantuffo. Similmente le farfalle ed altri insetti succhiano i liquidi colla loro *tromba.*

2. Digestione

17. **Scopo e mezzi.** — Chiamasi digestione l'elaborazione che gli alimenti devono subire per essere resi atti a far parte

24. – Idro o Polipo d'acqua dolce, nell'atto di prendere con uno dei tentacoli un animaletto per introdurlo nella bocca *a*.

del sangue. — Tale funzione ha per iscopo: 1.° di separare dalle sostanze introdotte nel corpo la parte nutritiva da quella inetta a nutrire; 2.° di rendere la prima solubile e ridurla in liquido, così che possa passare per assorbimento nel sangue, e rigettare all'esterno la seconda.

Ad ottenere tali scopi, nella digestione vengono impiegati

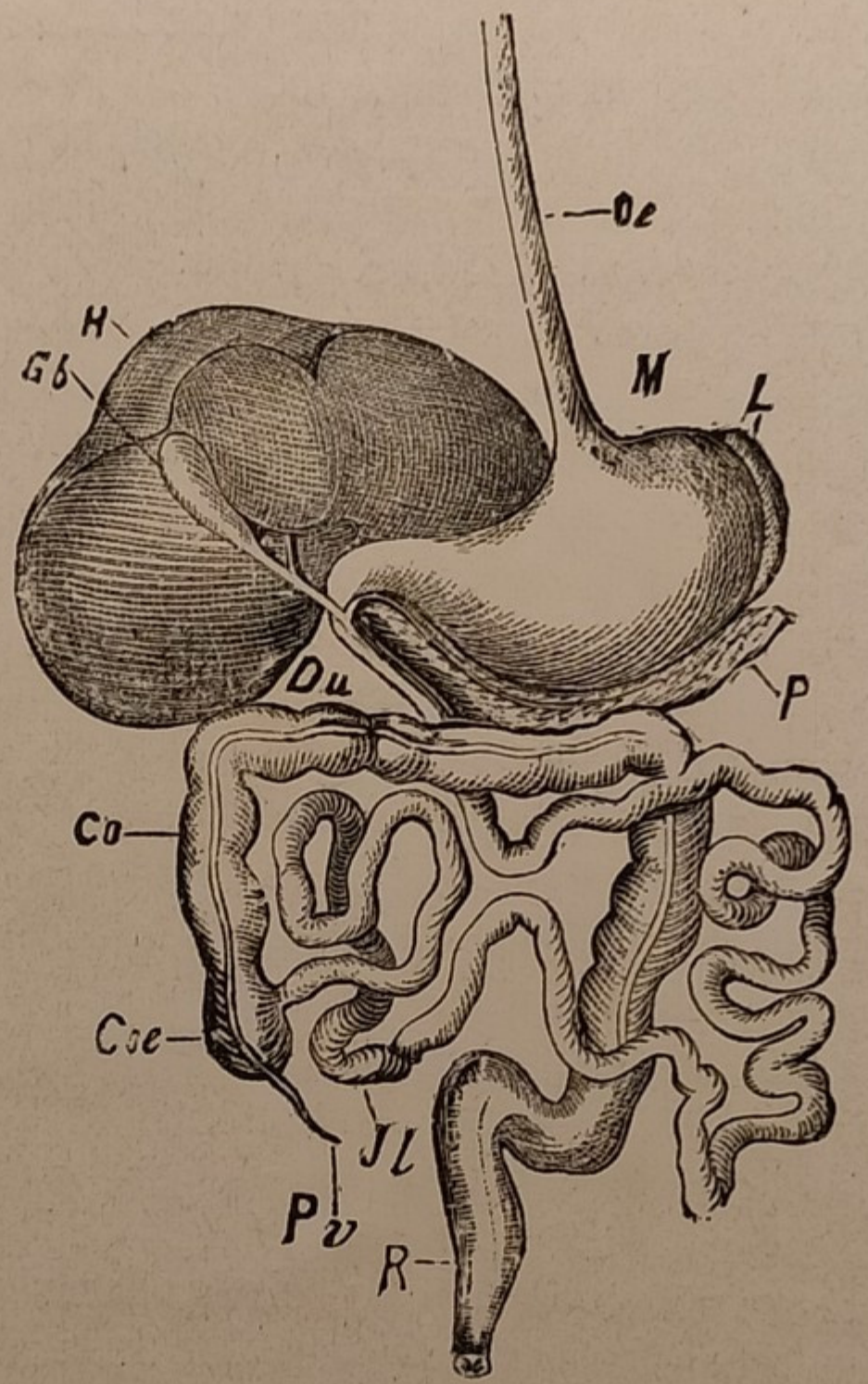


Fig. 25.

due processi; uno *fisico-meccanico,* che consiste nella triturazione e nella macerazione degli alimenti, ed uno *chimico* per cui gli alimenti vengono trasformati da sostanze insolubili in materie solubili od in liquidi assorbibili.

Nella digestione si succedono i seguenti atti: 1.° *masticazione* e *insalivazione ;* 2.° *deglutizione;* 3.° *chimificazione;* 4.° *chilificazione.*

25. — Tubo digerente dell'uomo : *Oe*, esofago ; — *M*, stomaco ; — *L*, milza ; — *H*, fegato; — *Gb*, cistifellea ; — *P*, pancreas ; — *Du*, duodeno in cui si vede sboccare il coledoco e il condotto pancreatico; — *Il*, ileo ; — *Co*, colon; — *Coe*, cieco ; — *Pv.* appendice vermiforme ; — *R*, retto.

18. **Cenno sull'apparecchio digerente in generale.** — Il lavoro della digestione ha luogo in una cavità che per la sua forma generale dicesi *tubo digerente* od *alimentare* (figg. 23, 25e 35).

Questa cavità, in generale, è un tubo aperto alle due estremità: e per l'una di esse (detta *bocca*) avviene l'introduzione degli alimenti, per l'altra l'espulsione dei residui della digestione *(fecce)*. In generale, il tubo digerente, dopo la bocca continua stretto per un breve tratto (*faringe* ed *esofago*), poi si rigonfia improvvisamente e forma una specie di sacco detto *stomaco* o *ventricolo*, dopo il quale si restringe di nuovo e continua sotto forma di un canale *(intestino)*, per lo più assai lungo (nell'uomo 8 metri circa).

I moderni dividono il tubo digerente in 3 parti ; cioè: 1.° *intestino anteriore*, che comprende bocca e faringe; 2.° *intestino medio*, che comprende esofago, stomaco e intestino *tenue;* 3.° intestino *posteriore o crasso*.

Il tubo digerente è formato da due strati o tonache principali che andando dall'interno all'esterno del tubo stesso sono: a) *una tonaca o membrana mucosa*, che può considerarsi come un prolungamento della pelle nell'interno del corpo e risulta, come quest'ultima, da uno strato di tessuto connettivo, ricoperto da uno straterello di epitelio; b) *uno strato muscolare* a fibre liscie il quale colle sue contrazioni è incaricato di far scorrere od arrestare gli alimenti nel tubo digerente. Questo strato muscolare alla sua volta è duplice, ossia è formato da tessuto muscolare, a *fibre longitudinali* e da altro tessuto a *fibre circolari* ossia *trasversali*. Perciò si hanno contrazioni longitudinali e circolari. I movimenti del tubo digerente diconsi *movimenti peristaltici*.

A completare l'apparato digerente concorrono anche parecchie ghiandole, come le *salivali*, le *gastriche*, il *fegato*, il *prancreas*, ecc., delle quali parlerò in seguito.

19. **Masticazione e struttura dei denti.** — Nella bocca gli alimenti subiscono la *masticazione* e l'*insalivazione*. Nei mammiferi, gli organi della prima sono i *denti*. In molti vertebrati però (come negli uccelli e nelle testuggini), i denti sono sostituiti da un rivestimento corneo delle mascelle detto *ramfoteca* o *becco*.

Le mascelle nei vertebrati sono due, delle quali la superiore, in generale, è saldata al cranio immobilmente e la inferiore (mandibola), invece, è unita ad esso per mezzo di un'articolazione mobile. Però gli uccelli, i serpenti, e molti pesci hanno mobile anche la mascella superiore.

Nei vertebrati i movimenti più ampi delle mascelle avvengono in un piano verticale: negli artropodi, invece, i pezzi boccali si muovono in un piano orizzontale.

I denti sono organi formati di un tessuto osseo particolare. Quelli dell'uomo e del maggior numero dei mammiferi presentano tre parti; la *radice*, per cui stanno infissi negli *alveoli* ossia in un incavo dell'osso mascellare (1); la *corona*, che è la parte sporgente dall'alveolo; ed il *colletto*, che è una parte ristretta al punto di coniugazione delle altre due.

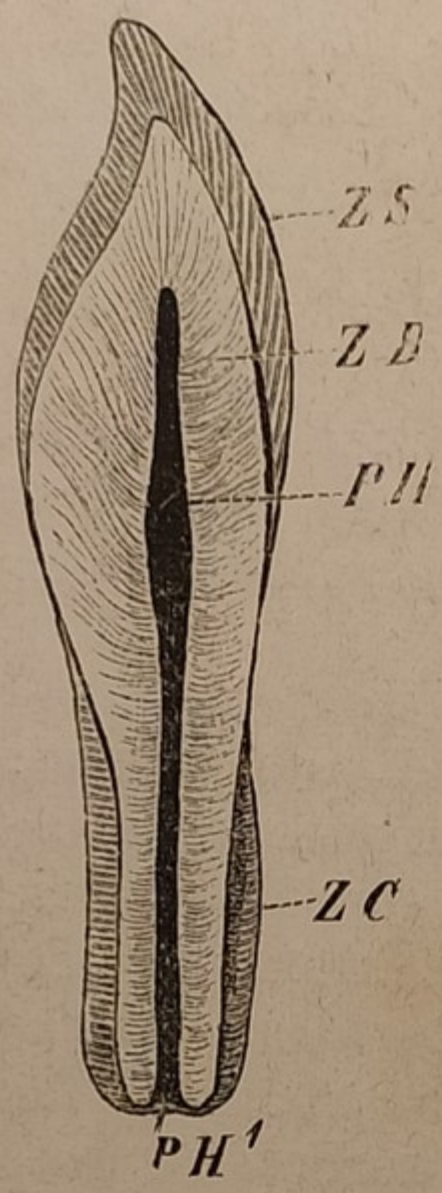


Fig. 26.

Un dente è formato internamente da una cavità contenente una sostanza molle, detta *polpa del dente;* ed esternamente da una *parte dura.*

Questa parte dura è costituita da una varietà di tessuto osseo, detto *avorio* o *dentina*, il quale è ricoperto, nella parte corrispondente alla corona, da un tessuto più duro, detto *smalto* ed in quella corrispondente alla radice, da un'altra sostanza chiamata *cemento* (fig. 26).

La polpa del dente è formata da tessuto connettivo, ricco di vasi sanguigni e di nervi, che riceve dalla parte inferiore della radice. Essa è il residuo della *papilla dentale*, ossia del germe, attorno al quale si formò il tessuto osseo del dente, ed è destinata a portare i liquidi nutritivi alla sua parte dura.

20. **Forma dei denti.** — I denti dell' uomo e dei mammiferi presentano tre forme diverse: gli uni hanno la corona a maniera di scalpelli e diconsi *incisivi*, perchè adatti a tagliare ed incidere; altri sono fatti a cono, talvolta molto acuto ed atta a lacerare gli alimenti, e chiamansi *canini*, perchè molto sviluppati nel cane ed in genere nei carnivori, altri infine, che offrono una superficie molto larga e spesso scabra e adatta a triturare e schiacciare gli alimenti si dicono *molari*, e si suddistinguono in *premolari* o *falsi molari*, che sono piccoli e con una sola radice, ed in *molari veri* o *grandi molari*, più grossi e robusti e con diverse radici (fig. 27).

26. — Sezione longitudinale di un dente: *ZS*, smalto; — *ZB*, avorio; — *ZC*, cemento; — *PH*, *PH*¹, polpa del dente.

(1) In alcuni animali mancano gli alveoli, ed i denti sono saldati alla mandibola per mezzo di legamenti; allora i denti diconsi *connati*.

Gli incisivi sono sempre situati anteriormente ed al centro della mascella ; ad essi seguono lateralmente i canini ed a questi i premolari ed infine i molari veri. La dentatura degli animali che possiedono tutte le tre sorta di denti si dice *completa*. La presenza o l'assenza e la forma di queste diverse qualità

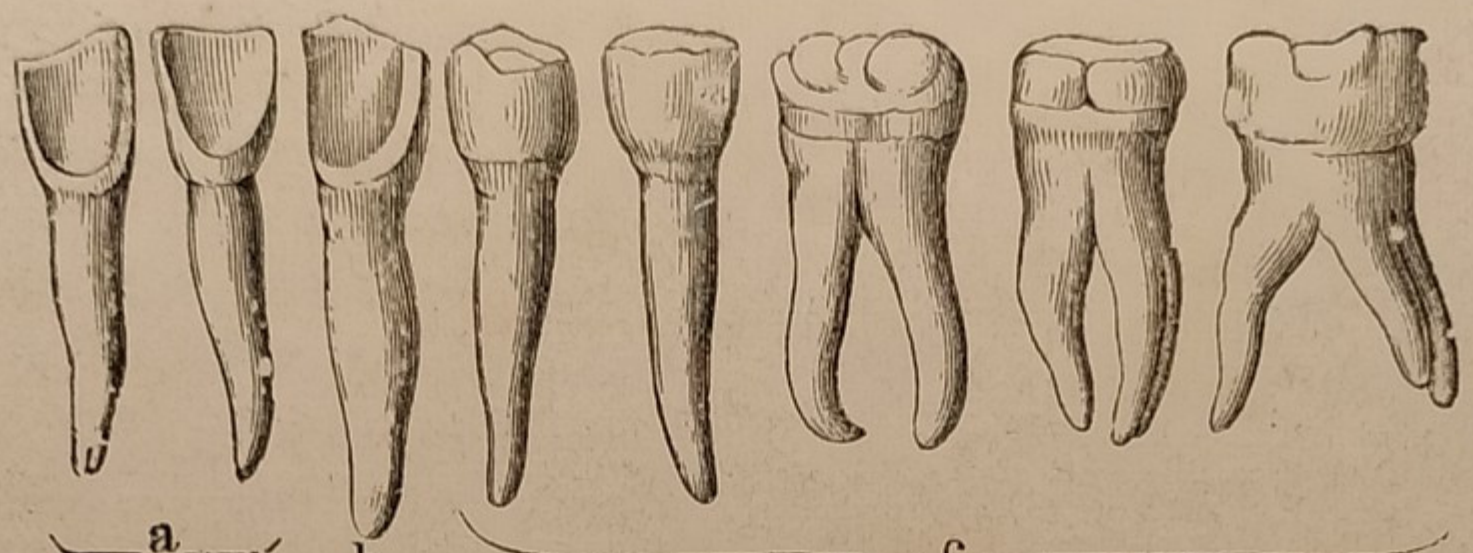


Fig. 27.

di denti sono nel più stretto rapporto col regime dell'animale, ossia colla natura degli alimenti di cui esso si nutre.

Gli animali a regime *carnivoro* (leone ed altri felini, vi-

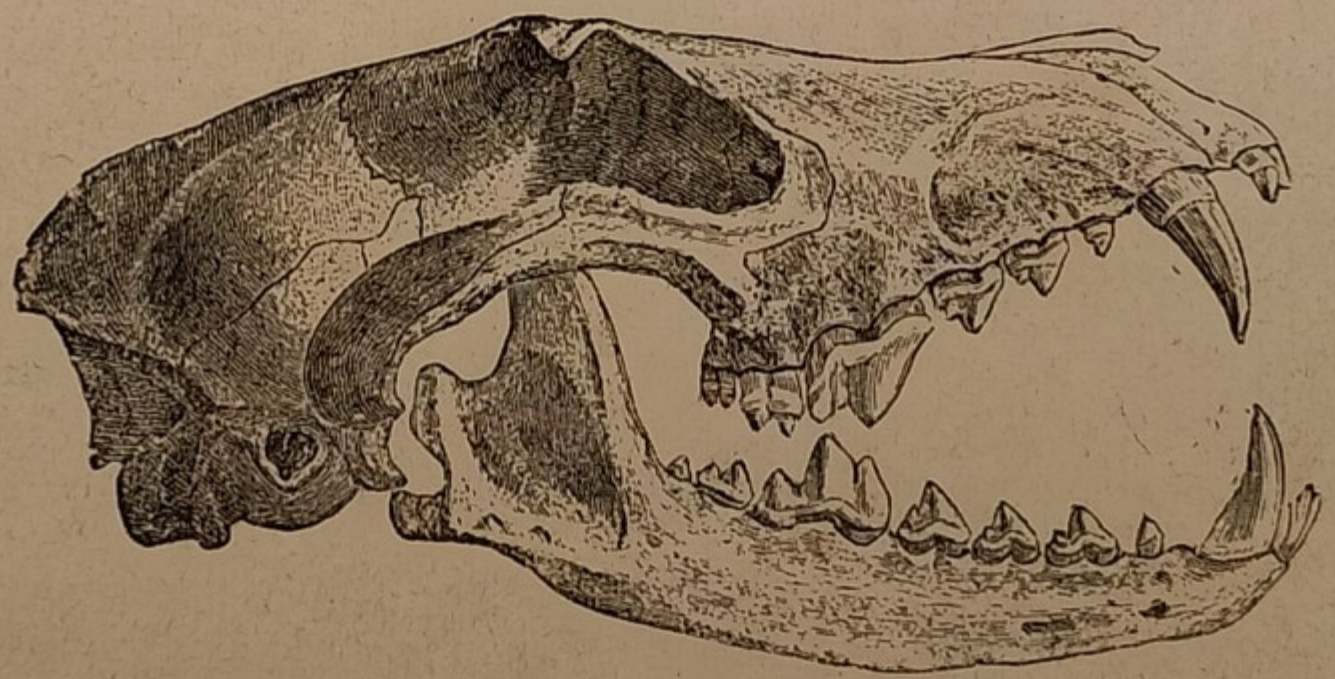


Fig. 28.

verridi, canidi, ecc.) presentano assai sviluppati i canini e i molari a prominenze puntute e taglienti, e tra i molari ne hanno uno più sviluppato degli altri, il quale è detto *dente felino* (fig. 28). Gli animali insettivori hanno pure denti a punte, ma numerosi e piccoli (fig. 29).

Gli animali erbivori (ruminanti, pachidermi, ecc.), i molari sono adatti a triturare finamente le erbe e i grani; perchè hanno corona ampia e non ripiegature dello smalto (fig. 30).

27. — *a*, Incisivi ; — *b*, canino; *c*, — molari.
28. — Dentatura d'un carnivoro (Lupo).

Gli animali *fitivori* o *rosicanti* hanno assai sviluppati e robusti gli incisivi (fig. 31).

Gli animali *onnivori* e *frugivori* (maiali, scimmie, ecc.) hanno i molari a tubercoli.

21. **Dentatura di latte e permanente.** — I primi denti, che si sviluppano nei mammiferi poco dopo la nascita, non hanno che un'esistenza temporanea, perchè dopo un certo tempo cadono tutti, per essere sostituiti da altri in generale più grossi, robusti e numerosi, che durano assai più lungamente, e, se cadono, non sono sostituiti. I primi denti formano la così detta *dentatura di latte*, gli altri la *dentatura permanente*. Nell'uomo la dentatura di latte è formata di 20 denti, cioè: per ciascuna mascella, da 4 incisivi, 2 canini, 4 premolari, due per parte, posti in

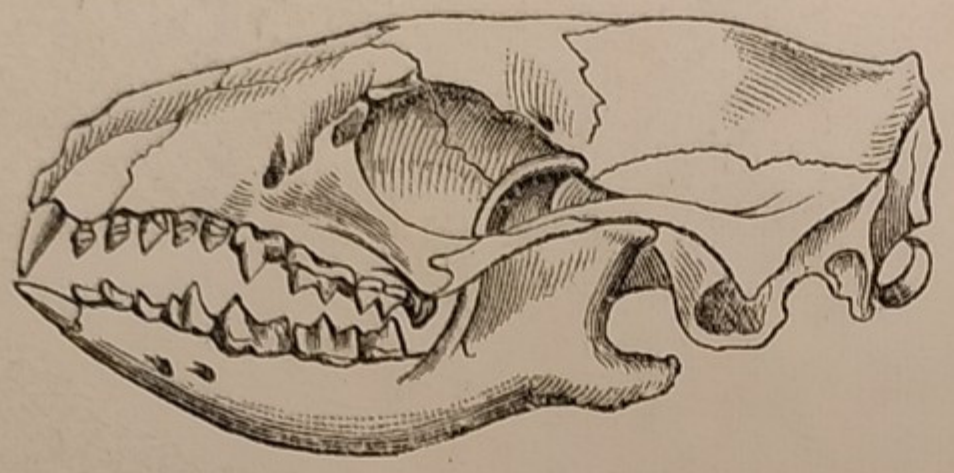


Fig. 29.

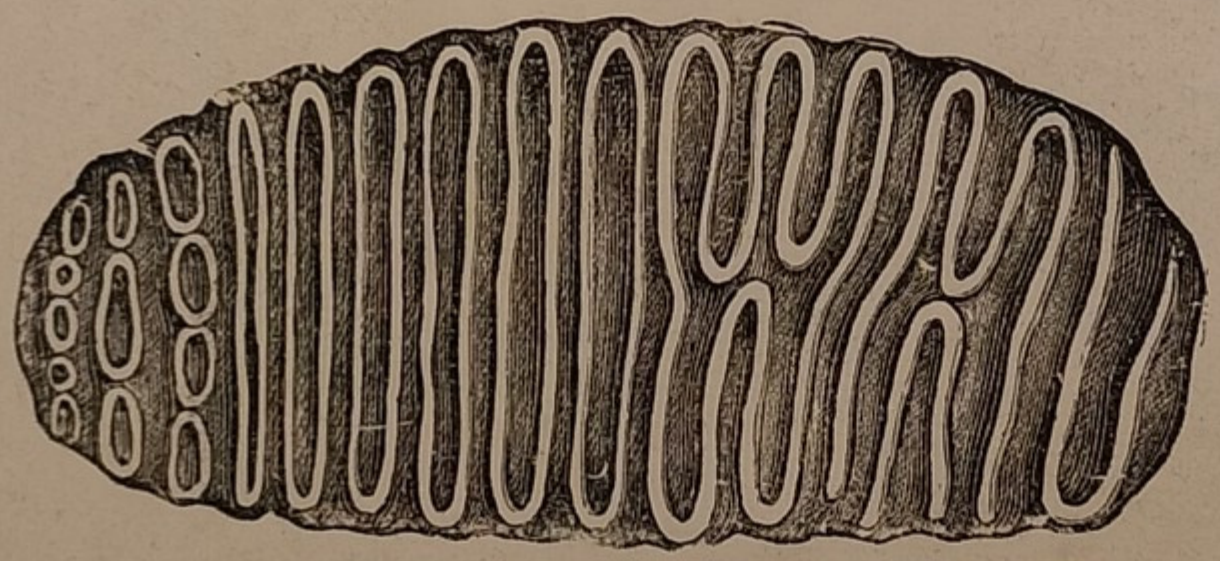


Fig. 30.

Fig. 31.

fondo alla bocca; la dentizione permanente risulta da 32 denti, cioè da sei molari in più per cadauna mascella.

22. **Insalivazione.** — La saliva è un liquido acquoso, filante, leggermente alcalino, formato da 992 parti, su 1000, di acqua che tiene in soluzione diverse sostanze, cioè: muco, cloruri di sodio e di potassio, fosfato di sodio e di calcio, solfocianuro di potassio (tracce) e un fermento solubile speciale, detto *ptialina* o *diastasi salivale* (1.ª, § 6). La saliva è una secrezione di alcune ghiandole a grappoli (figg. 11 e 32), chiamate *ghiandole*

29. — Dentatura di un insettivoro (*Erinaceus europœus*).
30. — Dente molare di un animale erbivoro (Elefante).
31. — Dentatura di un rosicante (Topo campagnolo).

salivari, le quali, nell'uomo, sono sei, e, per la loro posizione, diconsi *parotidi* (da παρά vicino, ed οὖς gen. ὠτός orecchio) *sottomascellari* e *sottolinguali*.

La saliva coopera fisicamente a macerare e a facilitare la triturazione degli alimenti solidi, per prepararli alla deglutizione ed alla chimificazione. Oltre ciò, essa, per mezzo della

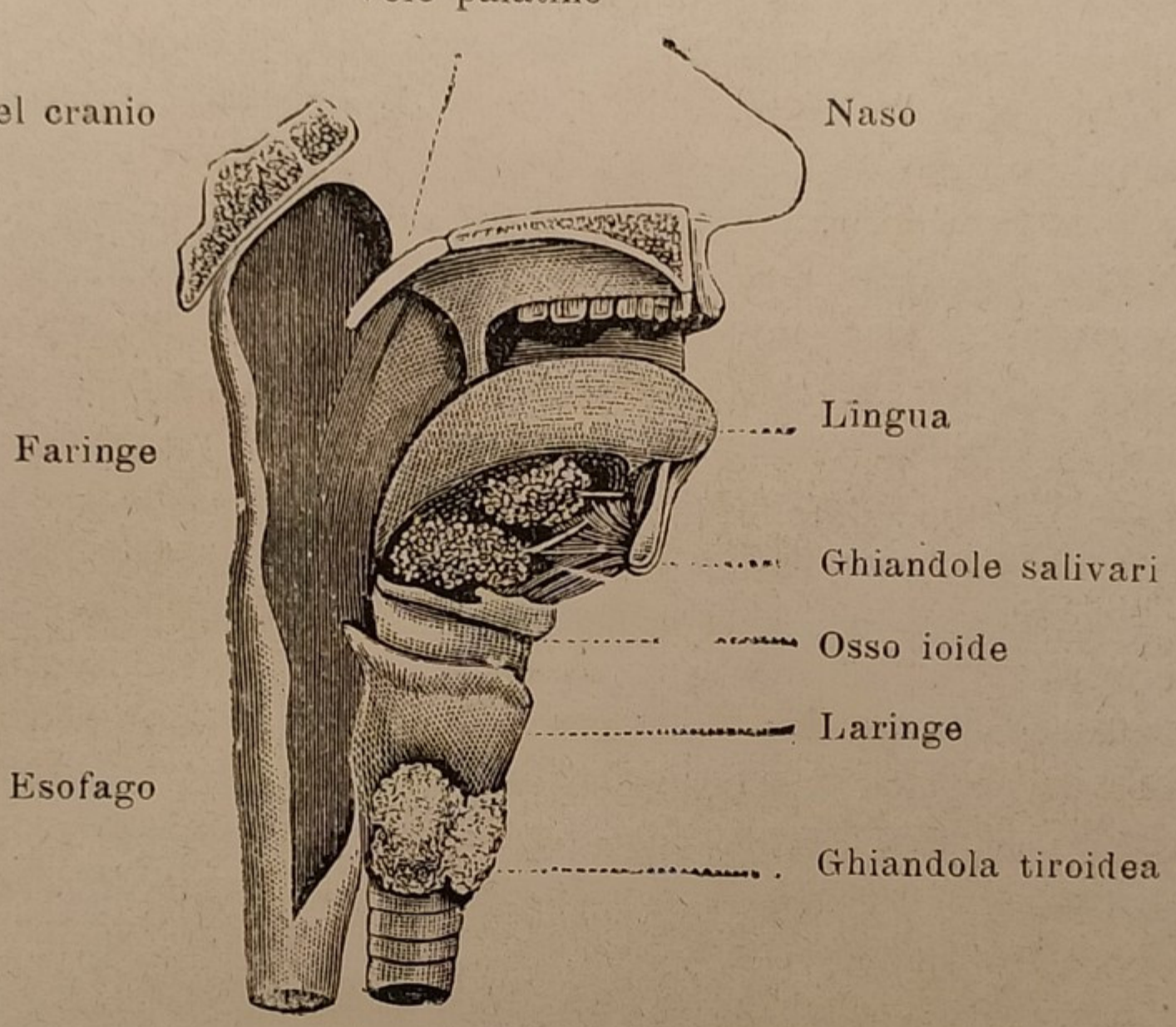


Fig. 32.

ptialina agisce anche chimicamente sopra gli alimenti fecolenti, ossia contenenti amido (cereali, legumi, patate, ecc.), specialmente quando siano cotti, trasformando parte del loro amido insolubile in zucchero solubile, molto simile al glucosio dell'uva.

In tal modo, per l'azione meccanica dei denti, associata all'azione fisico-chimica della saliva, gli alimenti sono ridotti in una pasta molle e consistente, di cui la lingua, mediante particolari movimenti, rintraccia le particelle sparse nella bocca e le raduna sul proprio dorso in una massa detta *bolo alimentare*.

Gli igienisti assai giustamente esprimono la grande importanza della masticazione e della insalivazione degli alimenti con l'adagio: « *prima digestio fit in ore* ».

32. Sezione verticale della bocca e delle fauci.

23. **Deglutizione.** — Chiamasi deglutizione il passaggio che fanno gli alimenti dalla bocca nello stomaco, attraversando la faringe e l'esofago (fig. 32).

L'apertura che si trova sul fondo della bocca, e per cui questa comunica colla faringe o retrobocca, si chiama *istmo delle fauci*. Ordinariamente, durante la masticazione, questa apertura è chiusa più o meno completamente dal *velo palatino*: ma nell'atto della deglutizione, questa specie di sipario si eleva ed il bolo alimentare è spinto nella *faringe*.

Questa è una cavità in forma di semicanale, situata nella parte superiore del collo, immediatamente sotto la base del cranio; essa superiormente comunica colla bocca e coane (parte posteriore delle fosse nasali), ed inferiormente presenta due aperture: l'una posteriore, per mezzo della quale si continua nell'esofago; l'altra anteriore per cui si passa nella laringe, destinata a condurre l'aria ai polmoni, come vedremo più innanzi.

Perchè la deglutizione avvenga regolarmente, bisogna che il bolo alimentare passi sotto l'apertura delle fosse nasali e sopra quella della laringe, senza penetrarvi, e discenda direttamente nell'esofago. A questo scopo, nell'atto che il bolo alimentare viene dalla lingua spinto nella faringe, il velo palatino si alza e si distende contro l'apertura delle fossi nasali, e nello stesso tempo la laringe sollevasi sotto la base della lingua, ed un apposito coperchio a valvola (detta *epiglottide*) ne chiude l'apertura.

L'esofago, che in tal modo resta la sola via aperta agli alimenti, è un tubo che scende dietro ai polmoni ed al cuore, appoggiato alle vertebre cervicali e dorsali, fino a traforare il *diaframma*, appena oltrepassato il quale, si distende per formare lo stomaco.

24. **Il ventricolo.** — Lo *stomaco* o *ventricolo* è una specie di sacco colla forma di cornamusa, collocato trasversalmente nella parte superiore dell'addome o ventre. L'apertura situata a sinistra, per cui lo stomaco comunica coll'esofago, dicesi *cardias*; l'altra situata a destra e per la quale l'alimento passa nell'intestino, dicesi *piloro* (da πυλωρὸς, portinaio).

La parte dello stomaco, che sta a sinistra dell'apertura cardiaca, è molto rigonfia e dicesi *fondo cieco* (figg. 33 e 35). La tonaca mucosa dello stomaco è fornita di un gran numero di ghiandolette tubolari, dette *ghiandole peptiche* o *follicoli gastrici* (fig. 34), che producono un liquido acquoso ed acidulo denominato *succo gastrico*, contenente un fermento speciale detto *pepsina* (da πέπτω, cuocere), ed alcuni acidi (acido clo-

ridrico, acido lattico). Nella mucosa dello stomaco esistono altre glandole a tubo, chiamate *muco-gastriche*, le quali se-

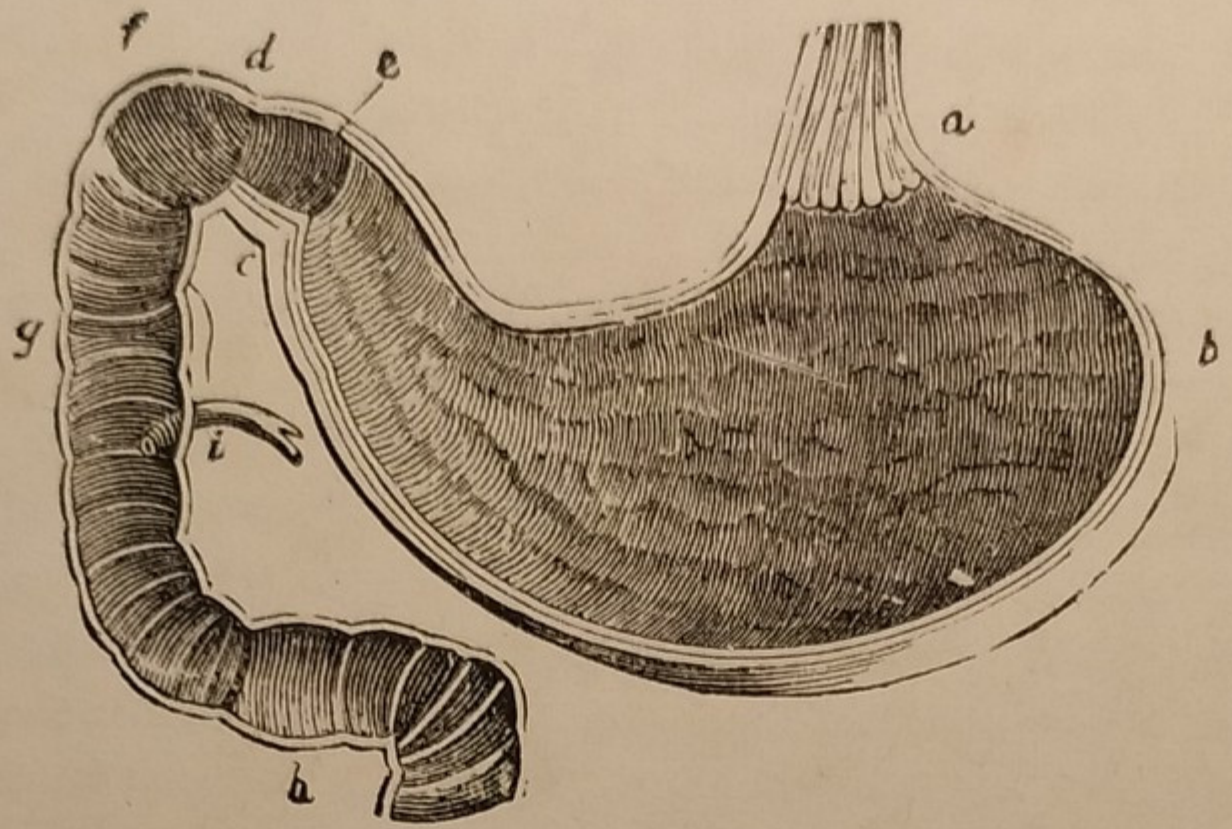


Fig. 33.

cernono un muco che ha per ufficio di proteggere la mucosa gastrica dal contatto diretto delle sostanze alimentari. L'azione

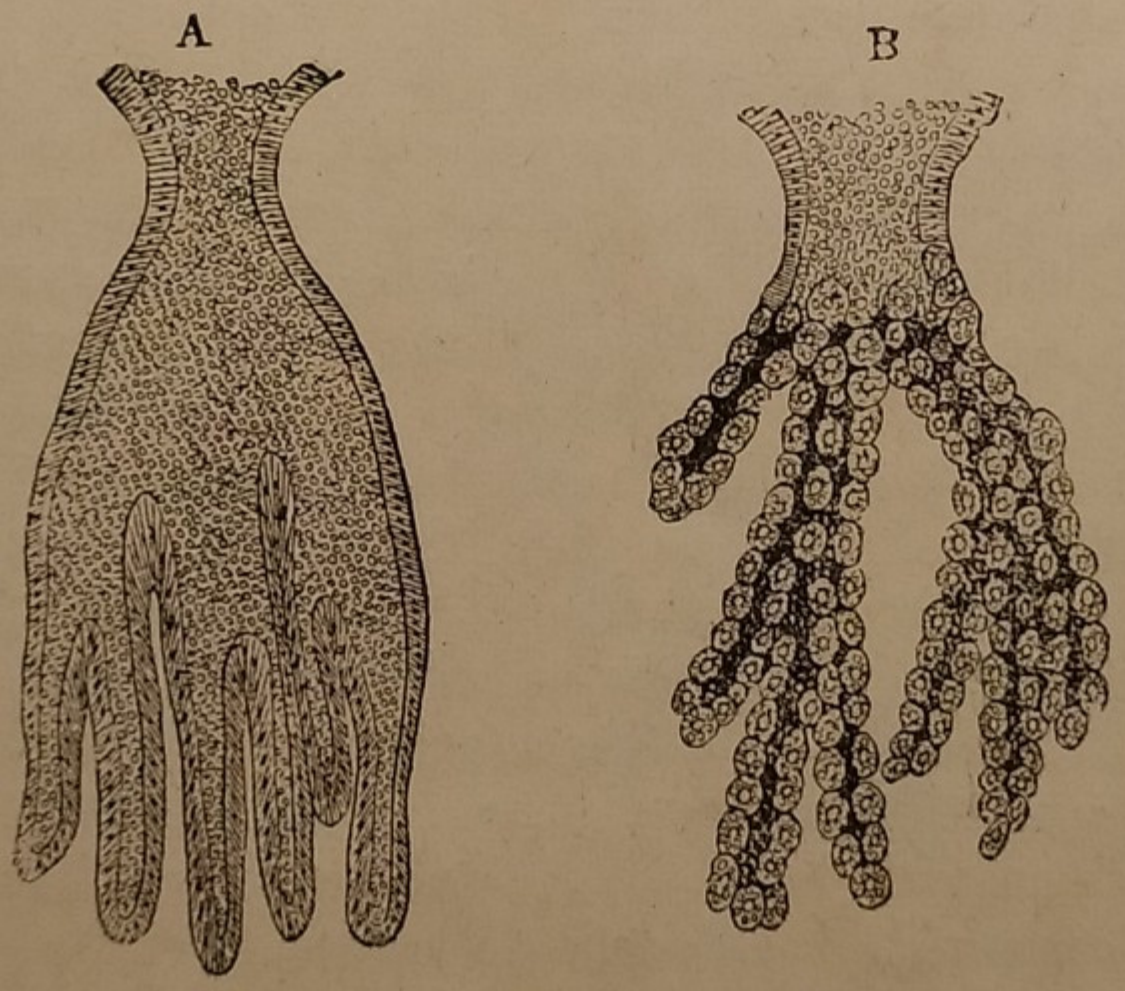


Fig. 34.

che subiscono gli alimenti nello stomaco dicesi *chimificazione* o *digestione stomacale*.

33. — Sezione verticale dello stomaco e del duodeno dell'uomo: *a*, cardias; — *b*, fondo cieco; — *d*, piloro: — *e*, *c*, antro prepilorico; — *f*, *g*, *h*, duodeno; — *i*, sbocco del dotto pancreatico del duodeno.

34. — *A*, ghiandole composte della regione pilorica; — *B*, ghiandola peptica.

25. **Processo della chimificazione.** — Appena giunti gli alimenti nello stomaco, determinano, colla loro presenza, la secrezione del succo gastrico, il quale, insieme alla saliva, che continuamente viene inghiottita, ne bagna ed imbeve tutta la massa. A favorire questa imbibizione e per dar compimento alla macinazione delle sostanze solide, le pareti del ventricolo imprimono agli alimenti un movimento rotatorio, per cui vengono, per così dire, diguazzati in esso, come il latte nella zangola, girando dapprima da destra a sinistra intorno al gran fondo cieco, e poi da sinistra a destra (*moto peristaltico*), per essere portati verso la parte successiva del tubo digerente.

Durante questo processo (che può durare fino da 3 a 4 ore) non tutte le sostanze alimentari subiscono le medesime vicende: alcuni liquidi possono venire immediatamente assorbiti dalle vene della mucosa dello stomaco: una parte delle carni ed in generale delle sostanze albuminoidi viene, per azione della pepsina, trasformata in *peptoni*, che sono sostanze solubili e non coagulabili, per l'azione del calore e degli acidi: le sostanze grasse sono ridotte in olii, ma non ancora rese assorbibili, e le vegetali (eccettuata porzione di quelle amidacee, su cui agisce la saliva) non vengono che sminuzzate e ridotte in poltiglia. — Il miscuglio di tutte queste sostanze, più o meno perfettamente digerite, forma una massa poltacea, grigiastra e acida, chiamata *chimo* (da χύμος, *sugo*, umore).

26. **Intestino propriamente detto.** — L'*intestino* propriamente detto risulta da tutta quella parte di tubo digerente, che continua al disotto dello stomaco, e che, insieme a questo, è collocata nell'addome (figg. 25 e 35).

Esso è un tubo, di diametro variabile, adagiato, mediante molti ripiegamenti, nella cavità addominale, cui è attaccato per mezzo di membrane dette *mesenteri*, ed avviluppato da una membrana sierosa, detta *peritoneo*, che lo sostiene e difende. La sua lunghezza varia moltissimo a seconda del regime degli animali. Nell'uomo è circa 7 volte l'altezza del corpo, nei carnivori 3 a 4 volte ed in alcuni erbivori perfino 28 volte la lunghezza del loro corpo. L'intestino è diviso in due porzioni, che sono: l'*intestino tenue*, che fa seguito allo stomaco ed è la parte più sottile e più lunga; e l'intestino *crasso*, assai più grosso e più breve (nell'uomo circa 1 m. a 1 e $^1/_2$). L'intestino tenue, in cui avviene la chilificazione, si suddivide in tre parti chiamate *duodeno*, *digiuno* ed *ileo* (da ειλέω, contorcere). Quest'ultimo e assai più lungo delle prime

due parti e perciò ravvolto sopra se stesso a gomitolo, per poter capire in piccolo spazio. Nell'intestino crasso si distingue il *cieco* (coll'*appendice vermiforme*), che è quella piccola porzione di esso che sta al disotto dell'inserzione del tenue; il *colon*, che offre una parte *ascendente*, una parte *trasversa* e una parte *discendente;* ed infine il *retto*, col quale termina inferiormente il tubo alimentare (fig. 35). Al punto dove l'ileo

Fig. 35.

sbocca nel cieco vi è la *valvola ileo-cecale* destinata a impedire il ritorno delle materie dall'intestino crasso nel tenue.

Ad adoperare la chilificazione concorrono tre liquidi speciali, cioè: il *succo enterico* od *intestinale*, la *bile* ed il *succo pancreatico*, il primo è un liquido gialliccio e alcalino, secreto da ghiandole tubolose semplici, diffuse sulla mucosa di tutto il tenue e da glandolette racemose speciali del duodeno.

27. **Fegato e pancreas.** — Il *fegato* (ἧπαρ) è una ghiandola a grappolo di color rosso bruno, la più voluminosa del corpo (nell'uomo pesa chilogr. 1 $^1/_2$); è collocata nella parte superiore e destra dell'addome (*ipocondrio destro*) e si spinge a sinistra fin oltre la linea mediana del corpo. La massa del fegato è divisa in parecchi lobi, il maggiore, dei quali è quello destro. Il fegato secerne la bile, che è un liquido di color rossiccio, ovvero verdastro, alcalino e amaro, che contiene diversi sali, dei quali i principali sono formati dagli acidi glicolico e taurocolico (risultante da taurina e acido colico) combinati col sodio: e, di più, contiene due pigmenti, uno verde e uno giallo, e la colesterina (§ 59). Il *condotto epatico* raccoglie la bile da tutte le parti del fegato, la versa in un piccolo sacco piriforme (detto *cistifellea*), che funziona da serbatoio, e dal quale, durante la chilificazione, viene versata nel duodeno per mezzo di un canaletto, chiamato *condotto coledoco* (χολὴ, bile, e δοχὴ, vaso).

Il *succo pancreatico* è secreto da una ghiandola a grappolo detta *pancreas*, situata dietro il ventricolo, trasversalmente alla colonna vertebrale ed alla destra di un'altra ghiandola, chiamata *milza* (1).

Il succo pancreatico è un liquido chiaro, vischioso, alcalino, contenente sostanze albuminoidi, dei sali di sodio e diversi fermenti speciali, detti *tripsina*, *amilopsina* e *steapsina*. Il pancreas versa il suo prodotto nel duodeno, per mezzo del *dotto escretore di Wirsung*, che sbocca vicino al coledoco.

28. **Processo della chilificazione.** — Chiamasi *chilificazione* o *digestione intestinale*, l'operazione a cui va soggetto il chimo nell'intestino tenue. Quando gli alimenti sono trasformati in chimo, l'apertura pilorica si allarga e permette che passino nell'intestino, verso il quale vengono spinti dai movimenti peristaltici del ventricolo.

Quando entra il chimo nel duodeno, determina colla sua presenza l'afflusso della bile e del succo pancreatico ed attiva la secrezione del succo enterico. La mescolanza intima del chimo con questi liquidi viene favorita dai movimenti peristaltici circolari e longitudinali (movimenti *vermicolari*) delle pareti dell'intestino.

Mescolandosi colla bile, il chimo perde l'acidità, e la pepsina la sua azione digestiva.

(1) La milza è una ghiandola senza condotto escrettore; essa si crede serva alla formazione dei globuli del sangue (*sanguificazione*). — Il fegato ha pure un'azione importante nella formazione del sangue, a cui specialmente fornisce il glucosio (sostanza affine allo zucchero di canna. — Vedi avanti, § 59).

Il succo pancreatico agisce sugli amidi, per mezzo della amilopsina, trasformandoli in zuccheri solubili, ed anche sulle materie albuminoidi, trasformandole in peptoni solubili per mezzo della tripsina. Il succo enterico pare che cooperi pure alla conversione degli amidi in zuccheri.

Infine l'azione contemporanea della bile e della steapsina del succo pancreatico sulle sostanze grasse (1) le riduce pure assorbibili, emulsionandole, cioè trasformandole in un liquido bianco come latte.

La bile serve pure per impedire la putrefazione delle materie esistenti nell'intestino.

Il prodotto della chilificazione, ossia il *chilo,* è un liquido per lo più bianco ed alcalino, che passa per *osmosi* attraverso alle pareti dei vasi sanguigni e linfatici dell'intestino, per mescolarsi poi col sangue.

La formazione del chilo e l'assorbimento di esso si compiono prima che le materie alimentari giungano all'intestino crasso, nel quale passa soltanto quella parte degli alimenti che per nessuno dei processi descritti potè essere resa assorbibile. Questa materia di rifiuto, mista a molta bile e ad altri prodotti di escrezione, giunge fino all'*intestino retto,* e per esso viene espulsa dal corpo *(defecazione).*

29. **Riepilogo.** — Il processo della digestione si può riassumere, dicendo che essa consiste nella trasformazione dell'amido in zucchero, delle sostanze albuminoidi in peptoni solubili e dei grassi in emulsioni assorbibili.

30. **Diversa struttura del tubo digerente degli animali** — L'apparato digerente, conservando sempre la sua forma caratteristica di tubo, varia molto di struttura nelle serie degli animali. Nei ruminanti (buoi, capre, pecore, cervi, ecc.) esiste uno *stomaco composto* di quattro cavità. La prima è la più grande e si chiama *panse* o *rumine* (figg. 36 e 37), la seconda è detta *cuffia* o *reticolo;* la terza *centopelli* o *libro* od *omaso;* la quarta ed ultima dicesi *caglio* od *abomaso,* ed è quella che corrisponde allo stomaco degli altri vertebrati, perchè in essa si compie la chimificazione. Ecco come avviene la ruminazione. Il cibo, masticato grossolanamente una prima volta, passa nel rumine, dal quale va al reticolo e da questo è sospinto di

(1) Si sa dalla chimica, che gli olii e i grassi risultano dalla combinazione della glicerina con un acido (oleico, stearico, margarico), e perciò vengono decomposti dagli alcali (potassa, soda), i quali spostano la glicerina e formano oleati, stearati, ecc. di potassa o di soda. Questa decomposizione si chiama *saponificazione.* Orbene, il succo pancreatico, essendo alcalino, saponifica le sostanze grasse decomponendole in glicerina e acidi.

nuovo nella bocca, ove subisce una seconda masticazione. Questo processo si ripete una seconda od anche una terza volta, finchè gli alimenti siano divenuti assai fini e semifluidi. Allora essi passano dall'esofago *direttamente* nel centopelli, senza passare

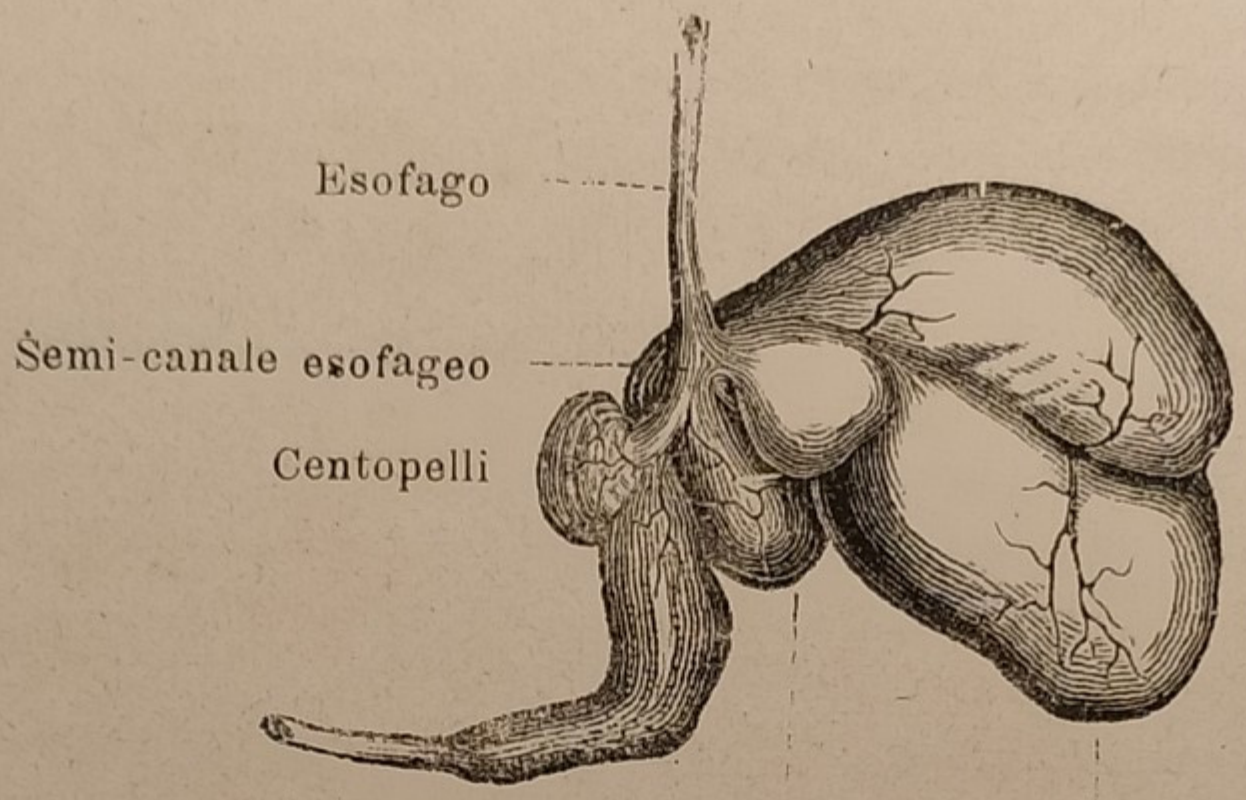


Fig. 36.

nè pel rumine, nè pel reticolo. Dal centopelli il cibo passa subito al caglio, ove subisce la chimificazione.

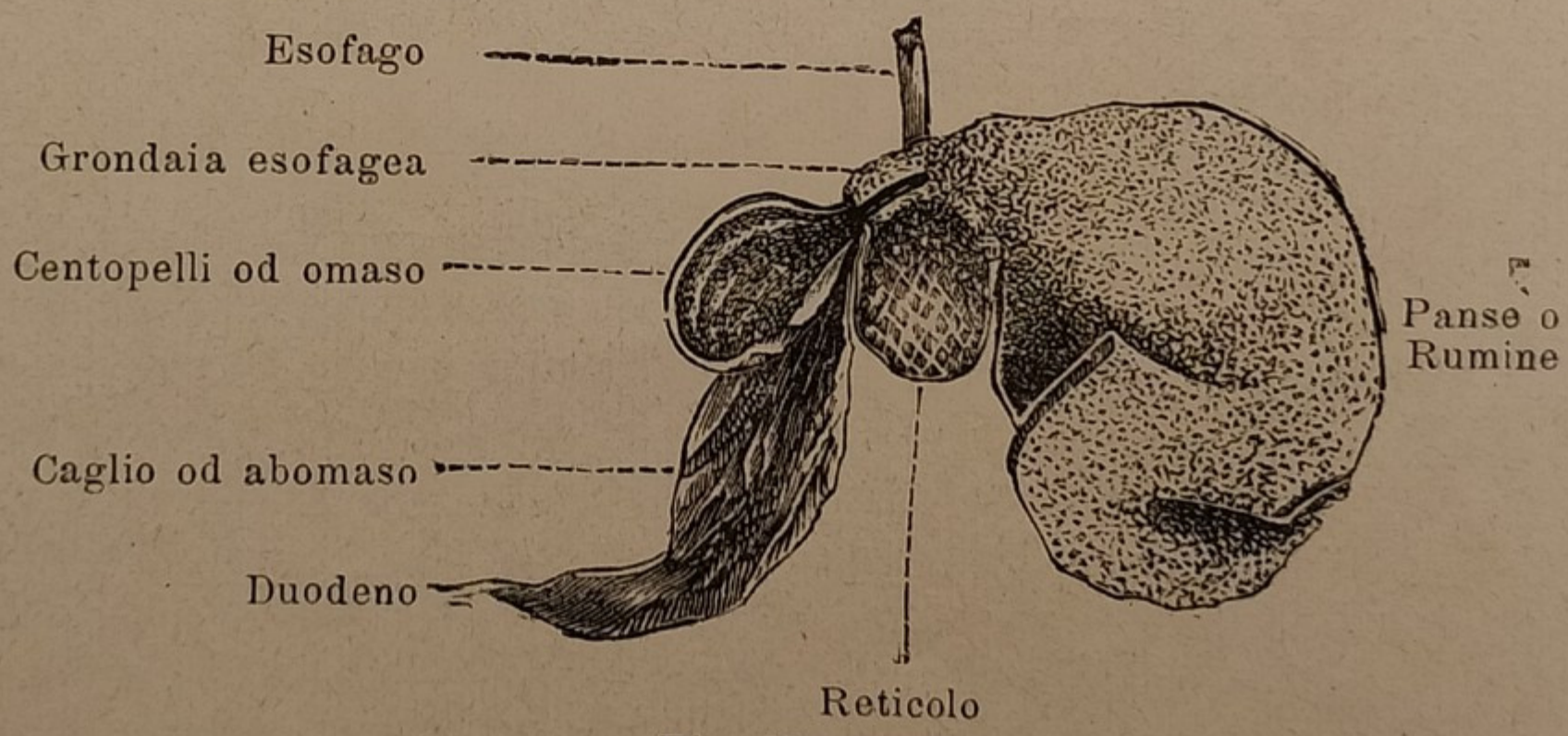


Fig. 37.

Anche negli uccelli il tubo digerente presenta varie dilatazioni. La prima si chiama *ingluvie*, la seconda *ventricolo succentoriato* o *glandulare*, ed è quella che corrisponde al vero stomaco; la terza è detta *ventriglio* o stomaco muscolare

36. — Tubo digerente d'un ruminante (Montone).
37. — Il medesimo sezionato, per mostrarne le pareti interne.

e serve specialmente alla triturazione degli alimenti più duri. Il crasso presenta due ciechi (fig. 38).

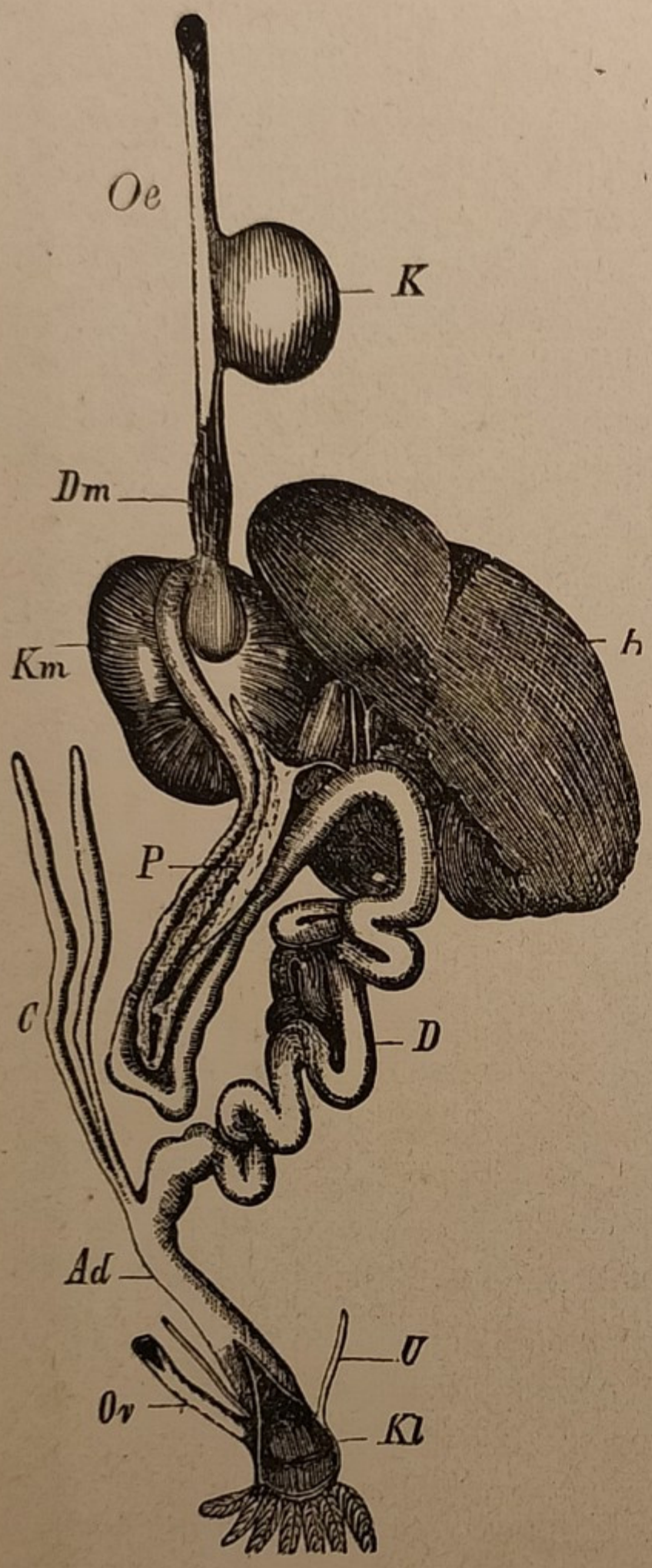


Fig. 38.

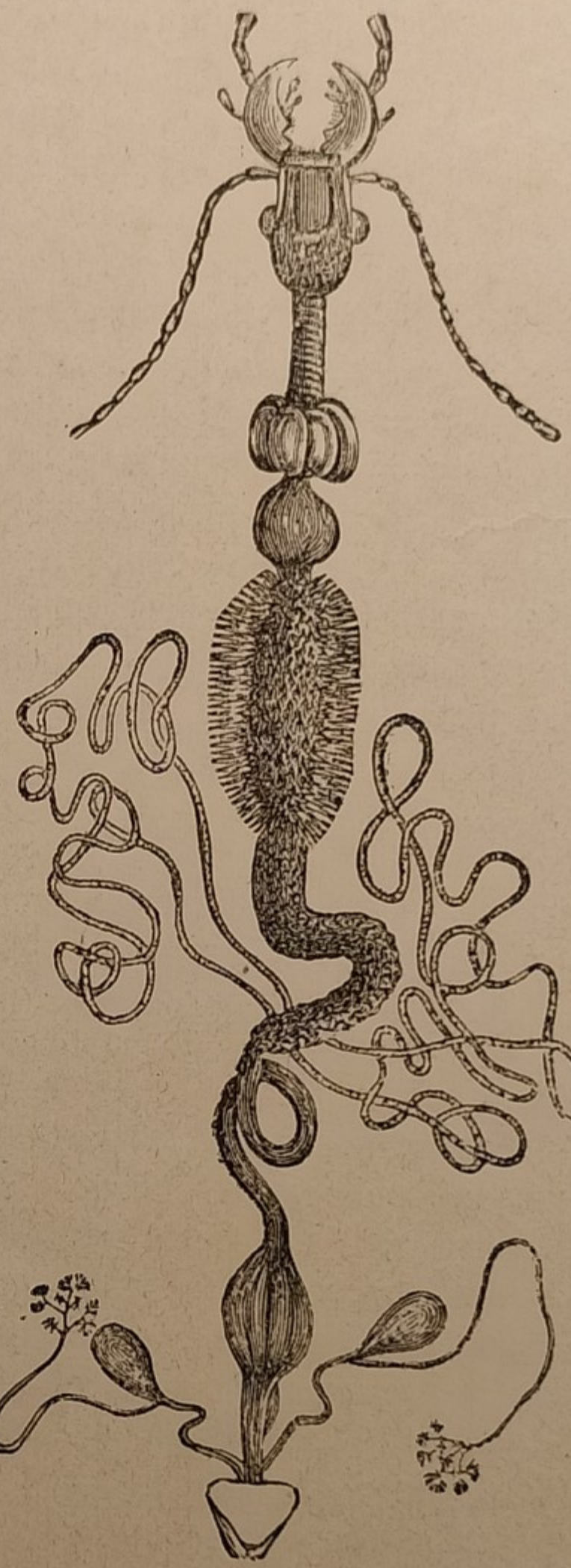


Fig. 39.

Negli uccelli, e in tutti i vertebrati inferiori, l'intestino retto non sbocca direttamente all'esterno, ma in una cavità, detta

38. — Tubo digerente di un uccello (Pollo); — *Oe*, esofago; — *K*, gozzo o ingluvie; — *Dm*, ventricolo ghiandulare; — *Km*, ventriglio; — *D*, intestino medio; — *P*, pancreas (nell'ansa duodenale); — *H*, fegato; — *C*, due ciechi; — *Ad*, intestino retto; — *U*, ureteri; — *Ov*, ovidotto; — *Kl*, cloaca.
39. — Tubo digerente di un Carabus (da L. Dufour).

cloaca, dove sboccano pure i condotti escretori dell' urina e dell'apparato riproduttore (fig. 38 *Kl*).

In molti pesci (Ganoidi, Plagiostomi), nell'interno dell'intestino, esiste una ripiegatura o *valvola a spirale*, la quale serve ad aumentare la superficie interna dell'intestino stesso.

Nei Molluschi e negli Artropodi l'apparato digerente è munito di ghiandole e si divide in tre parti distinte (anteriore, media e posteriore), come nei vertebrati. Citerò, per es., il tubo digerente d'un insetto (Carabo, fig. 39), nel quale si distingue l'esofago con *ingluvie*, a cui segue una dilatazione, che nell'interno presenta lamine, creste, setole e perciò è detta *stomaco masticatore* o *anteriore*, poi l'intestino medio o *chilifero*, fornito di apparati ghiandolari, infine l'intestino terminale (retto). Negli altri invertebrati il tubo digerente va sempre più semplificandosi, finchè in alcuni Vermi e nei Celenterati la cavità digerente si apre all'esterno per un unico orifizio, e non ha più parete propria, ma è formata dal tegumento generale del corpo. Così è, per es., nell'Idra d acqua dolce (fig. 24).

3. Assorbimento

31. **Vasi linfatici.** — In tutte le parti dell'organismo esiste un sistema di vasi, detto *sistema assorbente*, perchè destinato ad assorbire in tutti i tessuti la *linfa*, che è un liquido quasi trasparente, contenente dei corpuscoli simili ai globuli bianchi del sangue (§ 34). I vasi linfatici confluiscono tutti in due tronchi principali. Uno è il *condotto toracico*, situato nel torace, a sinistra della colonna vertebrale, e destinato a ricevere i linfatici di tutta la parte sinistra del corpo. Esso versa la linfa nella vena *succlavia sinistra* (1). L'altro è il *grande vaso linfatico destro* che sbocca nella vena *succlavia destra*, dopo aver ricevuto la linfa di tutta la parte destra del corpo.

32. **Vasi chiliferi.** — I liquidi nutritivi, che si formano nel tubo digerente, passano per osmosi, parte nelle vene del ventricolo o dell'intestino, e parte nei vasi linfatici dell'intestino stesso.

Le vene intestinali (che assorbono soltanto peptoni e zuccheri), confluiscono tutte in una vena sola, detta *vena porta*, la quale trasporta il suo contenuto direttamente nel fegato, e da qui poi al cuore.

I vasi linfatici dell'intestino assorbono parte dei peptoni e

(1) Chiamansi *vene succlavie* due tronchi venosi che portano il sangue dalle braccia verso il cuore, passando sotto le clavicole.

degli zuccheri e tutte le materie grasse emulsionate; assorbono, insomma, tutti gli elementi del chilo, perciò questi vasi chiamansi *vasi chiliferi*. Essi sono specialmente abbondanti nelle *villosità intestinali*, le quali sono piccole prominenze di forma diversa (coniche, lamellari, ecc.), che in numero grandissimo ricoprono la mucosa dell'intestino (figg. 41 e 42). I vasi chiliferi attraversano delle specie di ghiandole, dette

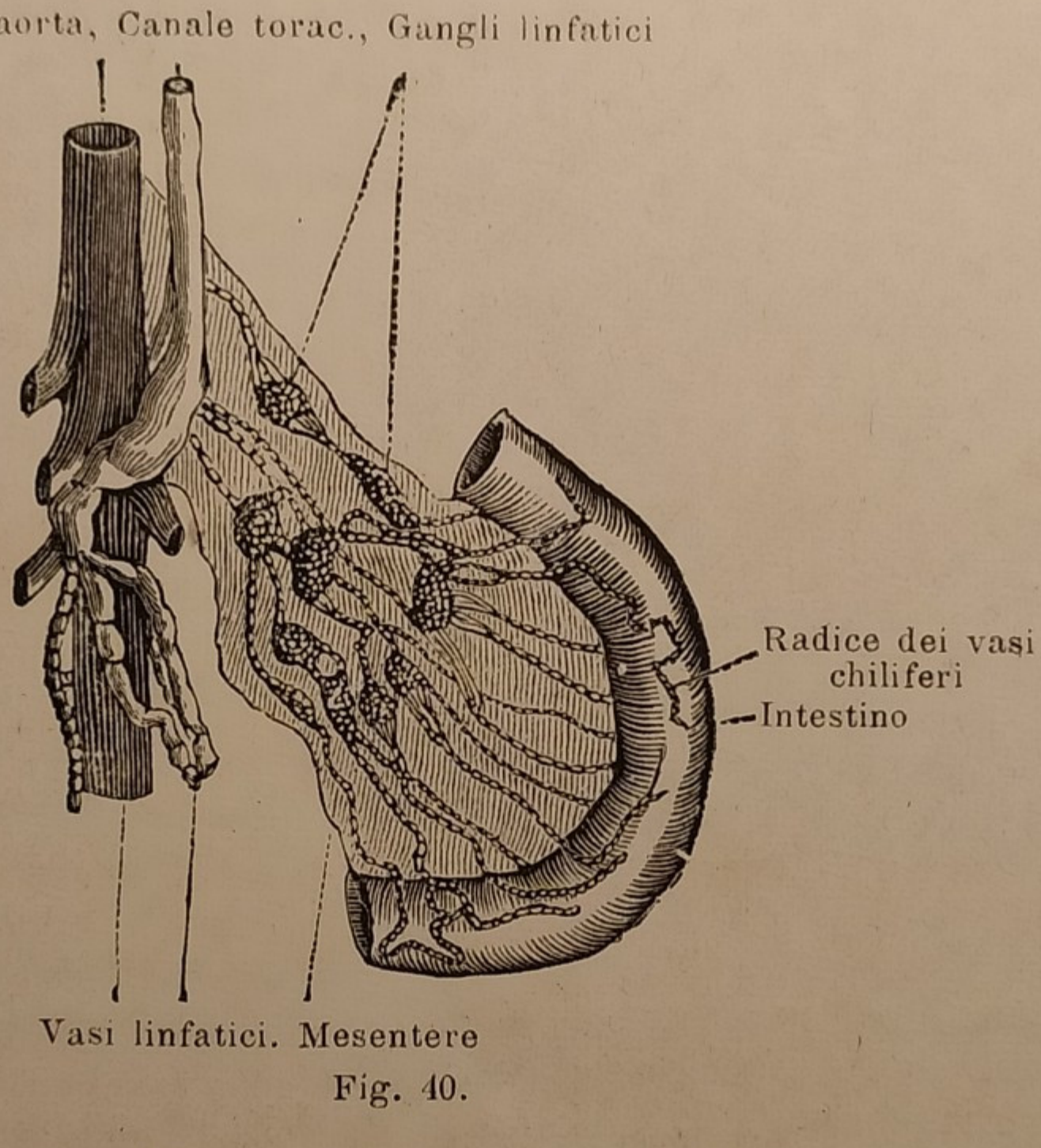


Fig. 40.

gangli mesenterici (1), e poi portano tutto il loro contenuto nel *condotto toracico* (fig. 40).

33. **Liquidi nutritivi.** — Negli animali inferiori più semplici (Protozoi e Celenterati), non esiste un liquido nutritivo distinto dal prodotto immediato della digestione *(il chilo)*, ma in tutti gli altri invertebrati e in tutti i vertebrati esistono sempre due liquidi nutritivi; il *chilo* ed il *sangue*.

Il chilo, che appena entrato nei vasi chiliferi è di colore bianco lattiginoso, risulta da un liquido contenente albumina, molte cellule identiche ai globuli bianchi del sangue (§ 34), e

40. — Vasi chiliferi.

(1) Così detti, perchè situati sul *mesentere*, che è una parte speciale del peritoneo (§ 26), ricca di vasi linfatici e sanguigni.

numerose granulazioni piccolissime, che sono grassi, finissimamente divisi. Esso, mentre attraversa i vasi chiliferi ed i gangli mesenterici, per portarsi alla vena succlavia, si arricchisce di fibrina ed in tal modo assume a poco a poco i caratteri del sangue, nella cui massa va a riversarsi.

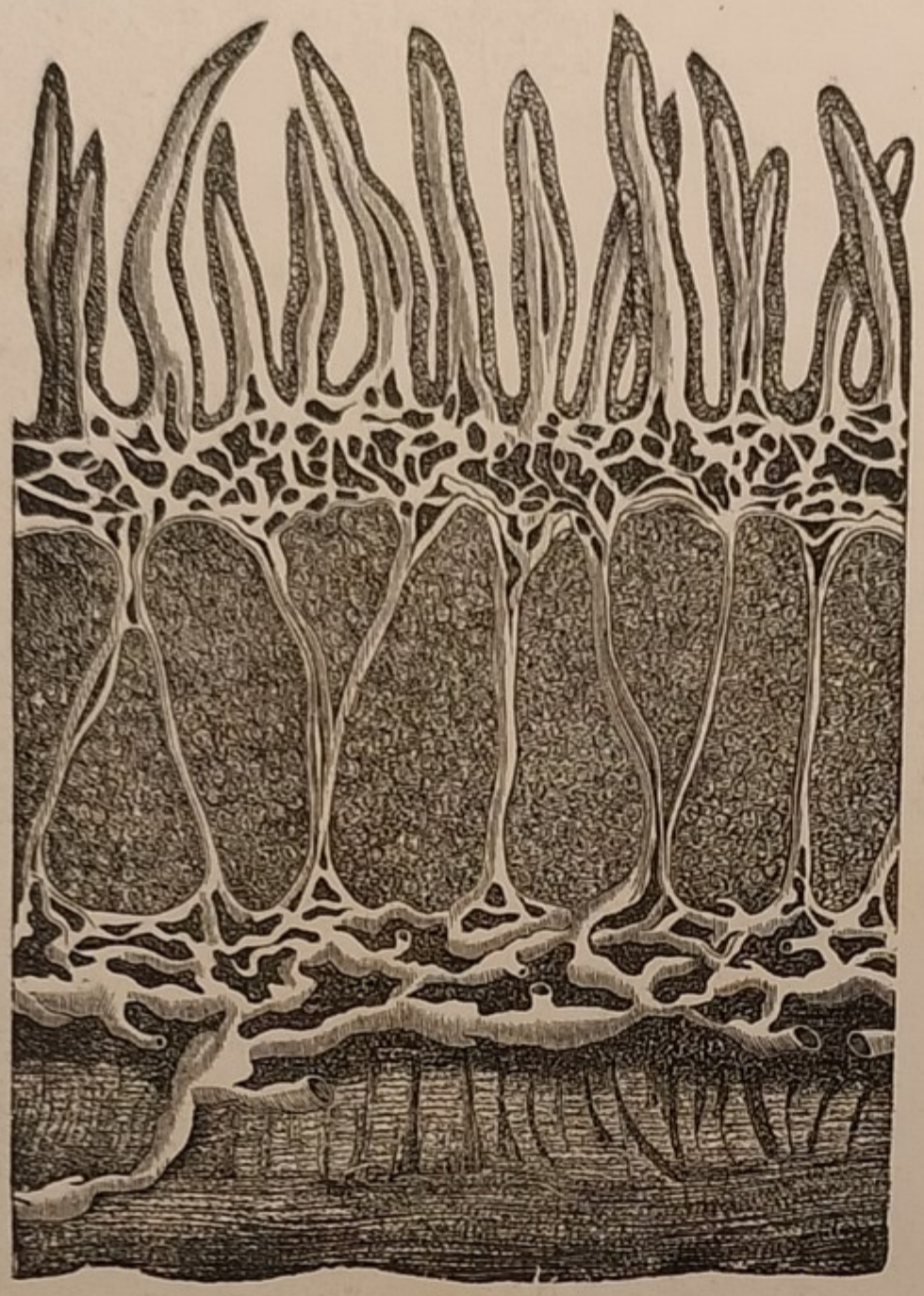


Fig. 41.

Alla formazione del sangue concorrono anche la milza ed il fegato, come già si è accennato, parlando di questi organi (§ 27, *nota*).

4. Circolazione del sangue

34. **Composizione del sangue.** — Il sangue è un liquido rosso nei vertebrati e di colore vario (bianco, giallo, violetto, ecc.) negli invertebrati, perchè in questi mancano i globuli rossi.

Esaminando il sangue dei vertebrati al microscopio si trova che è composto di un liquido quasi incoloro, detto *plasma*, nel quale nuotano molti corpuscoli o cellule libere, alcune delle quali rosse, dette *globuli rossi* od *emazie*, altre incolori, contrattili, dette *leucociti*. Vi sono pure, come elementi secondari, delle *granulazioni* e delle laminette o *piastrine*.

I globuli rossi isolati appaiono di colore giallo-rosso pallido. Nell'uomo adulto sono cellule senza membrana e senza nucleo e con forma di dischetti, aventi il diametro maggiore di 6 a 7 μ e lo spessore di 2 μ, e se ne contano da 4 a 5 milioni per ogni millimetro cubo di sangue. Discendendo nella scala zoologica, aumentano di volume e diminuiscono di numero.

Nell'uomo e nella generalità dei mammiferi sono rotondi e schiacciati come dischi biconcavi: negli uccelli rettili e pesci, invece, sono ellittici e con nucleo distinto (fig. 43). Le emazie, nel sangue vivo, sono libere e in continuo movimento; invece,

41. — Sezione della parete dell'intestino tenue, colle villosità intestinali (molto ingrandite).

estratte dal corpo, hanno la tendenza a disporsi in fila, addossandosi colle loro facce concave (fig. 44).

I leucociti sono nucleati, alquanto più grossi dei globuli rossi, quindi meno numerosi, e presentano vivaci movimenti

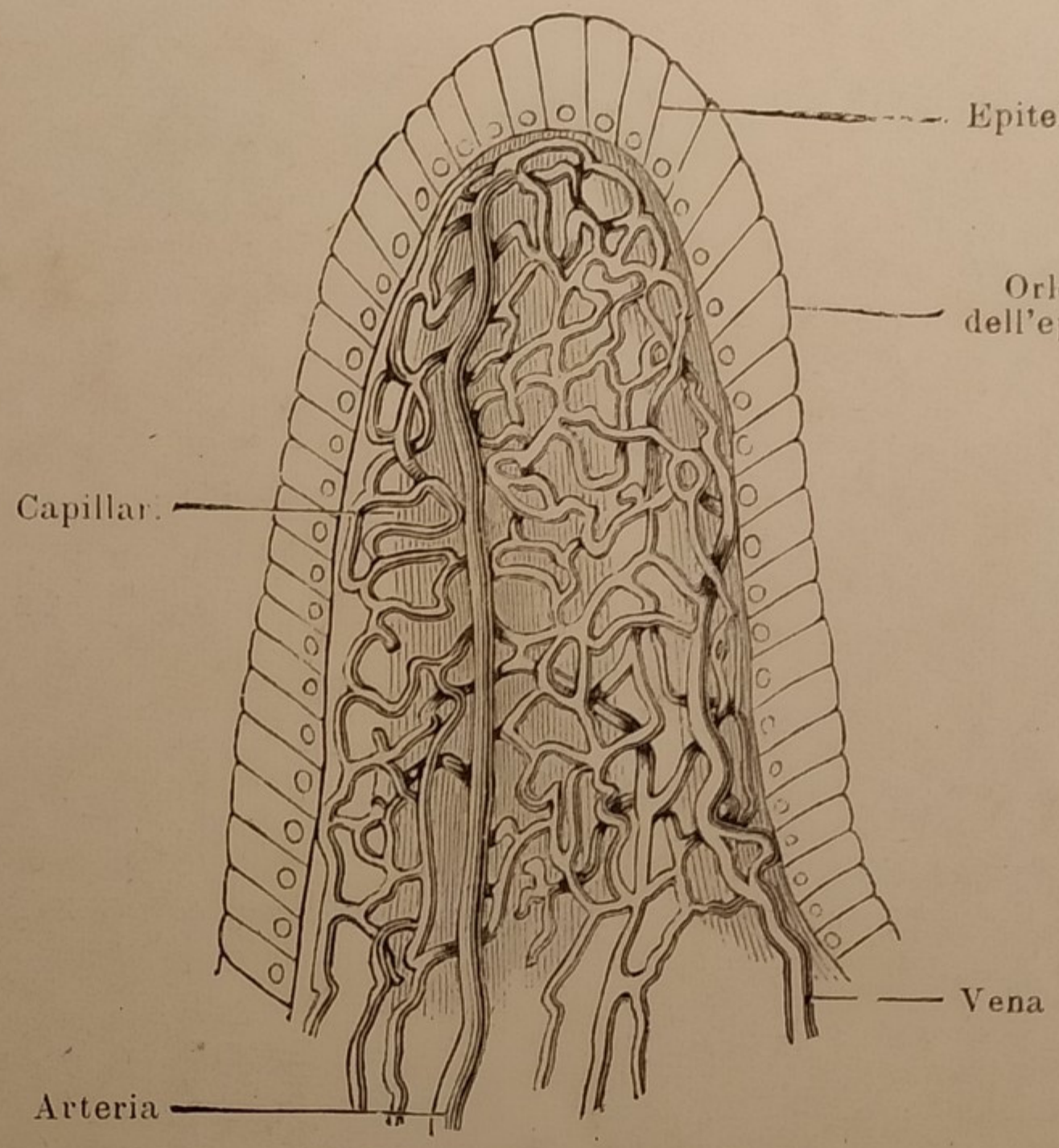


Fig. 42.

ameboidi (1) e qualche volta movimenti di vera locomozione, poichè penetrano attraverso le pareti dei vasi capillari e si raccolgono negli interstizî del tessuto circostante. Si chiamano pure *fagociti,* perchè hanno un'azione importante nella distruzione dei microrganismi patogeni.

Si crede che le emazie si formino specialmente nella milza (§ 27, *nota*), nelle ghiandole linfatiche e nel midollo rosso delle

42. — Un villo intestinale molto ingrandito.

(1) Vedremo che le Amebe (cfr. § 125) cambiano continuamente di forma, mandando e ritirando dei prolungamenti detti *pseudopodi*. I leucociti si moltiplicano per scissione e avvolgono nel loro protoplasma i piccoli corpiccioli che esistono nel sangue per nutrirsene. Insomma si comportano come microrganismi viventi nel sangue, e così si spiega la loro funzione fagocitica.

ossa *(organi ematogeni)*. Talvolta anche i leucociti si trasformano in globuli rossi (per es., nei polmoni).

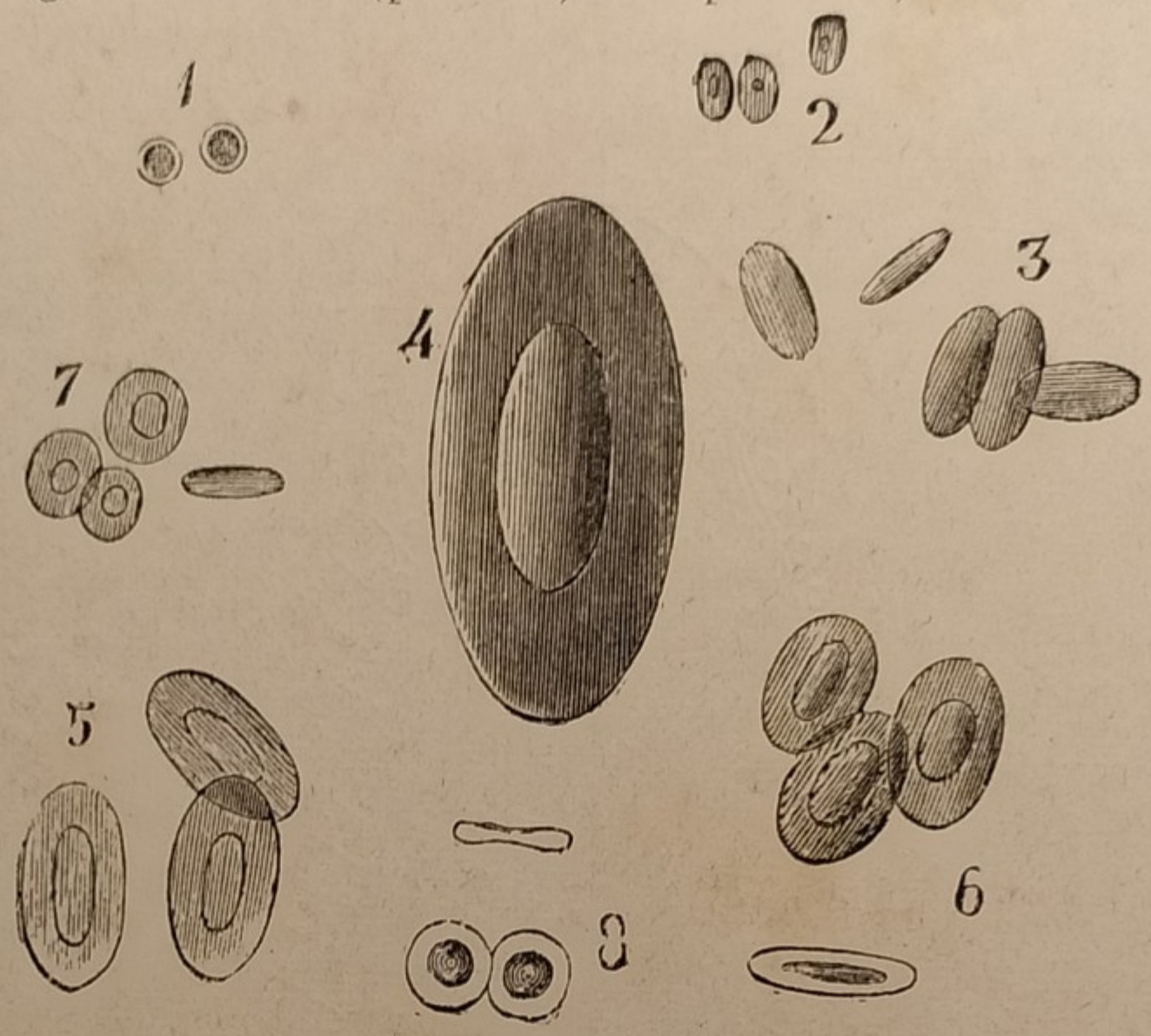


Fig. 43.

Quando il sangue è fuori dell'organismo vivente, subito si scompone in due parti: una gelatinosa, bruno-rossastra, detta

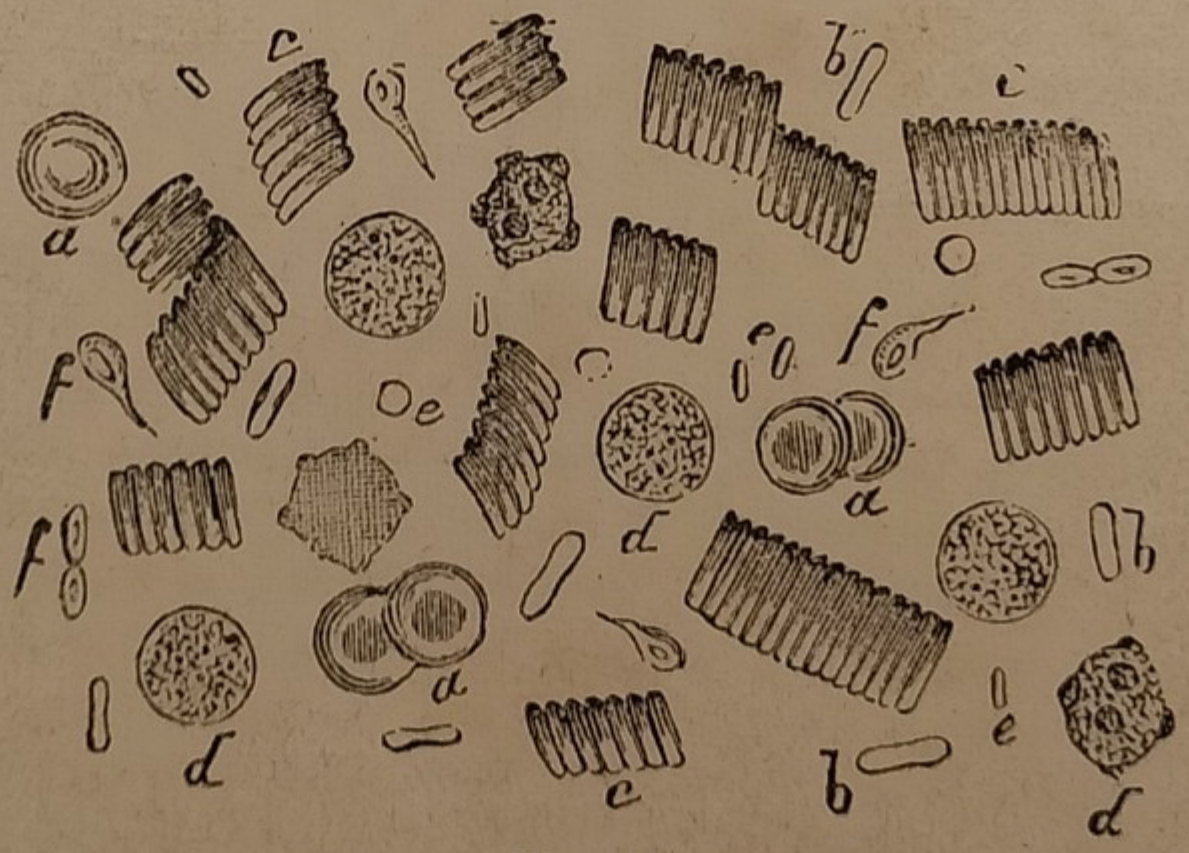


Fig. 44.

coagulo o *cruore*, l'altra liquida, gialliccia, detta *siero*. Questa

43. — Globuli colorati del sangue (ingrandim. 450 di diam.): 1, dell'Uomo; 2, del Cammello; 3, del Piccione; 4, del Proteo; 5, della Salamandra; 6 della Rana; 7, del Cobitis; 8, dell'Ammocaestes.

44. — Gli elementi solidi del sangue umano: *a*, *a*, *a*, emazie; — *b*, *b*, le stesse viste di profilo: — *c*, *c*, sovrapposte in pila; — *d*, *d*, leucociti; — *e*, *e*, piastrine.

decomposizione dicesi *coagulazione* del sangue. Il coagularsi del sangue è dovuto alla fibrina, la quale si rapprende, formando un intreccio di minutissime fibrille ed impigliando nelle sue maglie i globuli bianchi e rossi. Il siero, dunque, non è altro che il plasma privo di fibrina.

Il sangue umano possiede, in media, la seguente composizione ponderale:

Coagulo o cruore	fibrina	2
	globuli	140
Siero	acqua	779
	albumina . . .	70
	sali diversi . .	6
	materie grasse .	3
		1000

I *globuli rossi* sono formati da una sostanza protoplasmatica molto affine all'albumina, detta *globulina,* mista ad una piccola quantità di *ematina,* che è il pigmento a cui essi devono il colore rosso. L'ematina contiene circa 7 per cento di ferro. La globulina e l'ematina si trovano nei globuli rossi combinate insieme a formare una sostanza speciale detta *emoglobina,* la quale: 1.° ha la proprietà di cristallizzare, cosa che non avviene per nessun'altra sostanza albuminoide; 2.° ha la proprietà di assorbire facilmente l'ossigeno, formando con esso un composto molto instabile, detto *ossiemoglobina.*

35. **Apparato circolatorio.** — Il sangue è destinato a servire di veicolo, ossia di mezzo di comunicazione tra l'ambiente e l'organismo. Esso riceve le materie dell'ambiente (per le vie della digestione e della respirazione) e le porta ai tessuti, i quali in cambio gli consegnano i materiali di rifiuto, che devono essere espulsi dall'organismo e ritornare all'ambiente. Evidentemente il sangue non può compiere questo suo uffizio senza muoversi nell'interno dell'organismo: questo movimento chiamasi *circolazione del sangue.*

Nell'uomo ed in tutti i vertebrati il sangue è contenuto interamente in un sistema chiuso di canali *(vasi),* epperò la circolazione si chiama *vascolare.* Il centro di tutto l'apparecchio circolatorio è il *cuore.* I canali che dal cuore portano il sangue alle diverse parti dell'organismo, diconsi *arterie;* quelli invece, per cui esso ritorna al cuore, diconsi *vene.* Infine il sangue passa dalle arterie alle vene, per mezzo di una rete

di tubetti sottilissimi, detti *vasi capillari*. L'apparecchio circolatorio, dunque, consta di quattro parti: il *cuore*, le *arterie*, le *vene* ed i *vasi capillari* (fig. 45).

36. **Sangue arterioso e venoso**. — Il sangue che, partendo dal cuore o dagli organi respiratori, si porta alle diverse parti del corpo per nutrirle, è di un colore rosso-vivo, ricco di os-

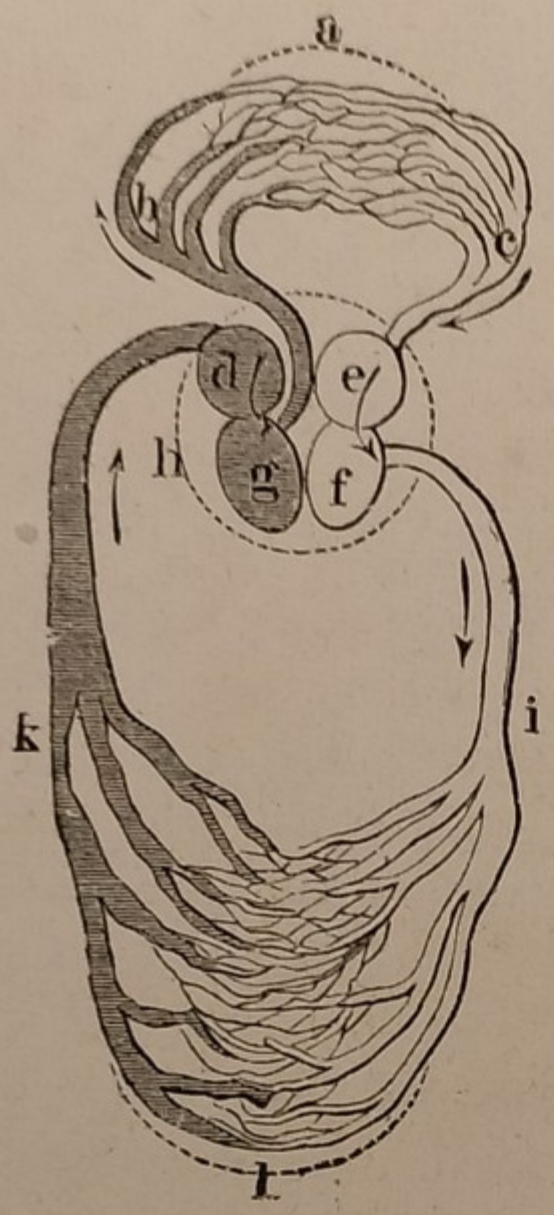


Fig. 45.

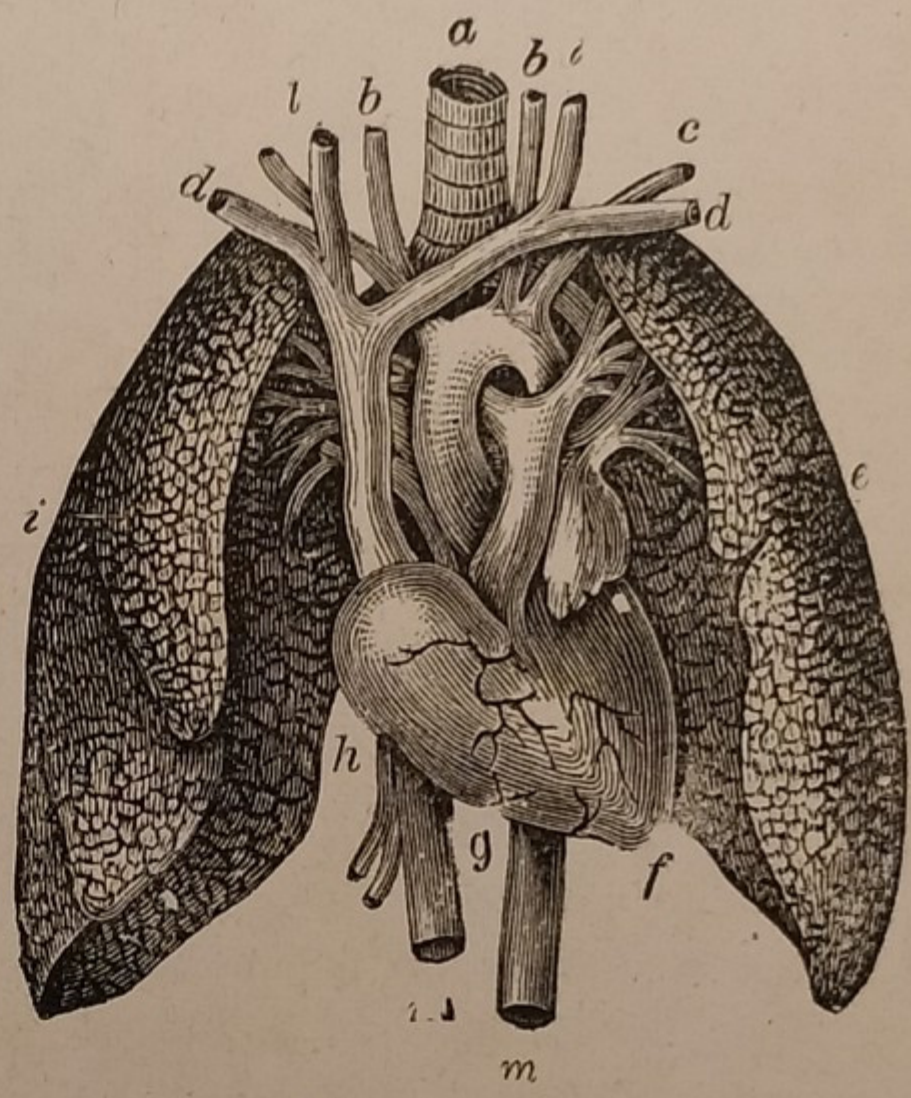


Fig. 46.

sigeno ed atto alla nutrizione dei tessuti, e si chiama *sangue arterioso*. Questo sangue quando ritorna al cuore dopo avere alimentato i tessuti, diventa di colore rosso-oscuro, è carico di acido carbonico ed inetto alla nutrizione, e prende il nome di *sangue venoso*.

37. **Doppia circolazione**. — In tutti i vertebrati (eccettuati i pesci), la circolazione del sangue è *doppia*, ossia: 1.° il sangue rosso-vivo arterioso dal cuore si diffonde in tutto l'organismo, e poi ritorna al cuore, divenuto violetto-nerastro, ossia *ve-*

45. — Figura schematica della circolazione nei mammiferi e negli uccelli: *a*, piccola circolazione; — *b*, arterie polmonari; — *c*, vene polmonali; — *d*, atrio destro; — *e*, atrio sinistro; — *f*, ventricolo sinistro; — *g*, ventricolo destro; — *h*, cuore; — *i*, aorta; — *k*, vene cave; — *l*, grande circolazione Tutta la parte nera contiene sangue venoso; quella bianca sangue arterioso.

46. — Polmoni, cuore e principali tronchi vascolari: *a*, trachea; — *bb*, carotidi; — *c*, arteria del braccio; — *dd*, vene del braccio; — *e*, polmone sinistro; — *f*, ventricolo sinistro del cuore; — *g*, ventricolo destro; — *h*, atrio destro; — *i*, polmone destro; — *ll*, vena giugulare o vena del collo; — *m*, aorta; — *n*, vena cava inferiore.

noso; in ciò consiste la *grande circolazione* o *circolazione nutritiva;* 2.° il sangue venoso va dal cuore agli organi della respirazione, ove diviene arterioso, e poi ritorna al cuore; in ciò consiste la *piccola circolazione* o *circolazione respiratoria.*

38. **Struttura del cuore.** — Il cuore è un vaso differenziato, la cui parete muscolare è molto ispessita. Ha forma ir-

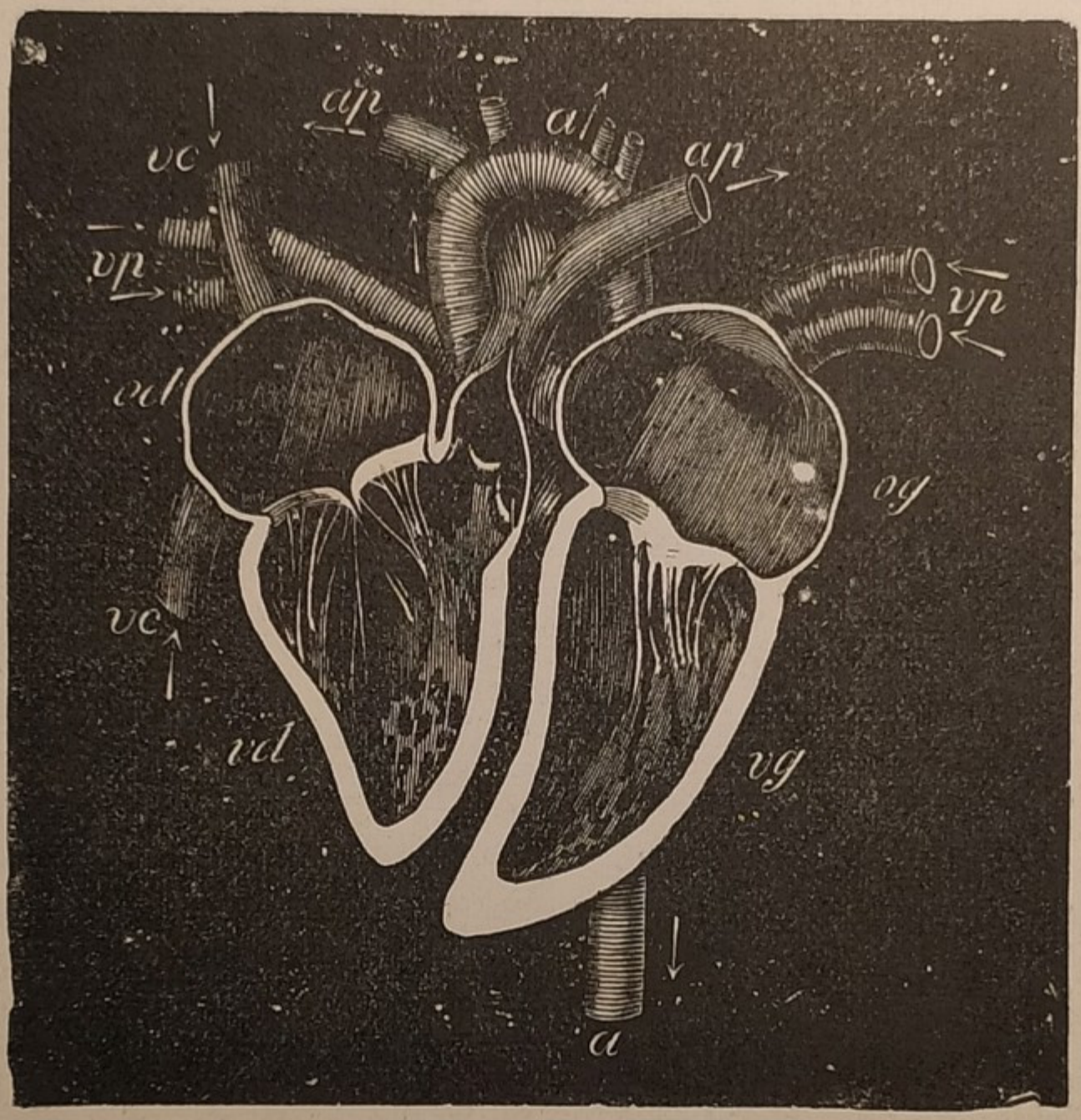


Fig. 47.

regolarmente conica, ed è grande, nell'uomo, press'a poco come il pugno. Si trova nel torace tra i due polmoni (fig. 46). E sospeso per mezzo dei canali sanguigui, che partono dalla sua parte superiore, libero in tutti gli altri punti. Occupa il mezzo del torace, ma è un po' inclinato all'innanzi ed a sinistra colla sua punta che è rivolta in basso. Esternamente è avvolto da una doppia membrana sierosa protettrice, detta *pericardic.* Internamente è tappezzato da un'altra membranella, detta *endo-*

47. — Cuore e grossi vasi che ne derivano; — *vd,* ventricolo destro; — *vg,* ventricolo sinistro; — *od,* orecchietta destra; — *og,* sinistra; — *aa,* aorta, — *ap,* arteria polm.; — *vp,* vene polm.; — *vc,* vena cava. Le frecce indicano la direzione della corrente sanguigna.

cardio, ed è diviso in quattro cavità, due superiori, dette *orecchiette* od *atrii*, e due inferiori, chiamate *ventricoli*. L'orecchietta destra comunica col ventricolo destro sottoposto, l'orecchietta sinistra comunica pure col ventricolo sinistro sottoposto, ma nè le orecchiette nè i ventricoli comunicano tra di loro.

L'orecchietta destra ed il ventricolo destro contengono sempre sangue venoso; l'orecchietta ed il ventricolo sinistro contengono esclusivamente sangue arterioso. Sicchè il cuore si può considerare formato da due metà, completamente separate tra di loro: la parte destra o *cuore venoso*, e la parte sinistra o *cuore arterioso* (fig. 47).

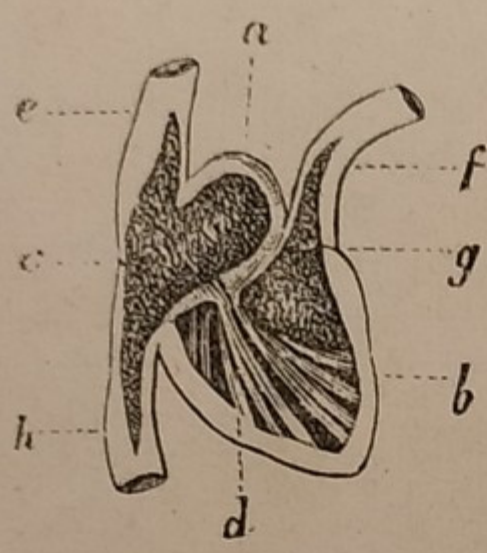


Fig. 48.

Il ventricolo sinistro del cuore presenta pareti assai più robuste del destro e l'orecchietta destra è più ampia di quella sinistra.

I due orifizi atrio-ventricolari, per cui le orecchiette comunicano coi ventricoli sottoposti, sono muniti di valvole che si aprono solamente dall'alto in basso, sicchè il sangue può passare da ciascuna orecchietta al ventricolo sottoposto, ma non viceversa (figg. 47 e 48). La valvola dell' orifizio atrio-ventricolare destro si chiama *valvola tricuspidale*, e quella dell'orifizio atrio-ventricolare sinistro, dicesi *valvola mitrale* o *bicuspidale*.

Il cuore riceve il sangue, per la propria nutrizione, per mezzo di vasi sanguigni speciali, detti *arteria e vena coronaria*.

39. **Principali arterie e loro struttura.** — Abbiamo già detto che si chiamano arterie i vasi sanguigni, che portano il sangue dal cuore alle diverse parti del corpo: ora aggiungiamo che esse si distinguono in *arterie della grande* ed *arterie della piccola circolazione*.

Tutte le arterie della grande circolazione contengono sangue arterioso ed hanno origine dal *ventricolo sinistro* del cuore con un unico tronco, detto *arteria aorta;* la quale, partendo da questo ventricolo, si innalza per breve tratto nel torace, e poi si piega ad arco e discende dietro il cuore e lungo la colonna vertebrale. Da quest'arco dell'aorta partono le arterie che

48. — Sezione della parte destra, ossia venosa, del cuore dell'uomo: *a*, orecchietta ricevente le vene *e*, *h*; — *b*, ventricolo separato dall'orecchietta per mezzo della valvola tricuspidale *c*; — *d*, freni carnosi di questa valvola; — *f*, arteria polmonare; — *g*, valvola sigmoide, situata all'entrata di quest'arteria.

vanno alla testa *(carotidi)* e quelle che vanno agli arti su-

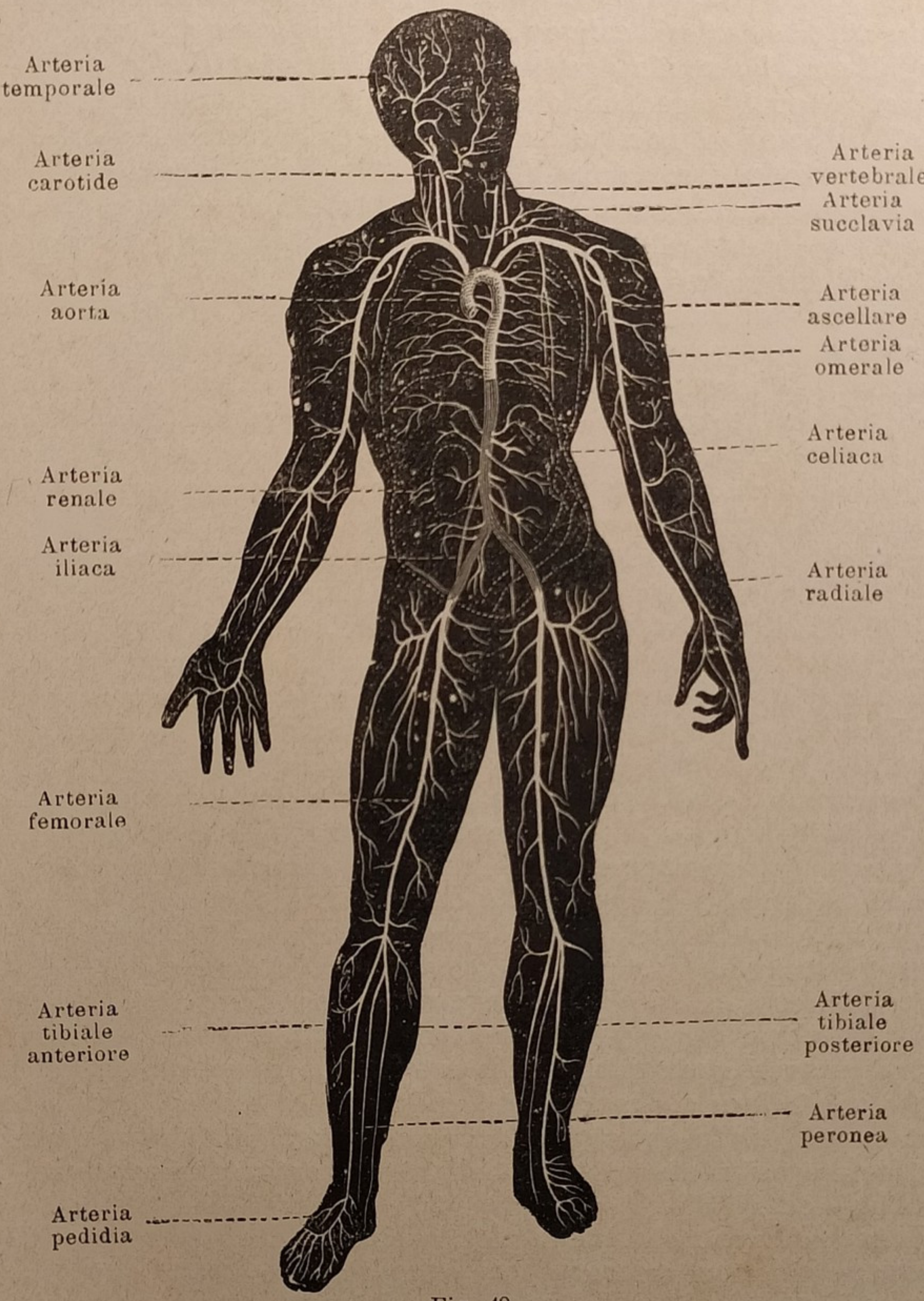


Fig. 49.

periori *(succlavie)*. L'aorta discendente manda diramazioni alla

49. — Principali arterie della grande circolazione, nell'uomo.

regione toracica, ai polmoni ed all'esofago. La parte addominale poi di essa, dopo di aver dato le diramazioni che vanno ai visceri, cioè l'arteria *celiaca* allo stomaco, la *renale* ai reni, ecc., si biforca, formando due tronchi, detti arterie *iliache primitive,* le quali mandano diramazioni al basso ventre ed agli arti inferiori. I nomi e la posizione delle principali arterie della grande circolazione nell'uomo si vedono nella fig. 49.

Alla piccola circolazione appartiene *l'arteria polmonare,* che parte dal ventricolo destro per portare il sangue venoso agli organi respiratori.

Le arterie sono tubi a pareti assai grosse ed elastiche, e trovansi sempre situate molto profondamente nel corpo dell'animale. Le loro pareti sono composte di tre strati o tonache; una interna, connettiva e sierosa fornita di *epitelio,* una media, elastica e muscolosa, ed una terza, esterna, di tessuto *connettivo ordinario.* Le arterie devono alla tonaca media la loro elasticità, cioè la proprietà caratteristica di dilatarsi senza rompersi ad ogni ondata di sangue che il cuore vi spinge dentro, e poi, di riprendere tosto il proprio diametro.

40. **Principali vene e loro strutture.** — I vasi sanguigni, che riconducono il sangue dalle varie parti del corpo al cuore, si distinguono *in vene della grande* e *vene della piccola circolazione.* Le pareti delle vene sono formate da tre tonache simili a quelle delle arterie, ma la tonaca media muscolare è assai meno sviluppata; sicchè esse sono molto meno elastiche e quindi più flosce e facilmente cicatrizzabili che quelle delle arterie. I vasi sanguigni, che si vedono scorrere affatto superficialmente nel corpo dell'uomo, sono tutte vene.

Tutte le vene della grande circolazione confluiscono in due grossi vasi, che portano il sangue venoso all'*orecchietta destra* del cuore, e sono: a) *la vena cava superiore o discendente,* in cui scorre il sangue che viene dalla testa, dal torace e dagli arti superiori, per mezzo delle due vene *succlavie;* b) *la vena cava inferiore* od *ascendente,* che riceve il sangue dagli arti inferiori, per le due *vene iliache primitive,* e di tutta la parte inferiore del tronco (sistema della *vena porta,* delle *vene epatiche,* ecc. (§ 32).

Anche i vasi, che, nella piccola circolazione, raccolgono il sangue divenuto arterioso nei polmoni, e lo conducono alla *orecchietta sinistra* del cuore, si chiamano *vene arterioso-polmonari,* sebbene non contengano sangue venoso, ma arterioso.

41. **Vasi capillari.** — I vasi arteriosi, assottigliandosi sem-

pre più a mano a mano che si suddividono, diventano finalmente invisibili ad occhio nudo, e prendono il nome di *vasi capillari*. Questi vasi, mentre sono le ultime diramazioni microscopiche delle arterie, costituiscono le radici delle vene, e per essi il sangue passa da quelle a queste senza alcuna interruzione.

42. **Meccanismo della circolazione** (1). — Il cuore agisce come una pompa premente e aspirante. Una contrazione, cioè una *sistole*, del ventricolo sinistro spinge il sangue arterioso nell'aorta ed in tutte le sue diramazioni, fino ai capillari, dai quali passa nelle vene, che lo riportano all'orecchietta destra del cuore. Allora questa si dilata *(diastole)* per riceverlo, poi contraendosi, appena lo ha accolto, lo spinge nel sottoposto ventricolo destro; il quale alla sua volta, dopo essersi allargato per aspirarlo, e riceverlo, si contrae e lo spinge nelle arterie polmonari. Il sangue, fatto arterioso nei polmoni, vien raccolto dalle vene polmonari, che lo trasmettono all'orecchietta sinistra, dalla quale passa al ventricolo sottoposto, donde ricomincia da capo il duplice giro, che non cessa se non colla vita. Due valvole apposite, delle quali una situata al punto dove dal ventricolo sinistro ha origine l'aorta (valvola *semilunare*), e l'altra dove dal ventricolo ha origine l'arteria polmonare (valvola *sigmoide*, fig. 48), permettono il passaggio del sangue dai ventricoli alle arterie e non viceversa.

Le diastoli e le sistoli del cuore si alternano con ritmo regolare in modo che, mentre le orecchiette si contraggono, i ventricoli sono rilasciati, e viceversa. I battiti del cuore corrispondono alle sistoli contemporanee dei due ventricoli. Il loro numero, nell'uomo varia coll'età: fino ai 7 anni, può essere da 136 a 97 al minuto primo; dai 7 ai 14 anni, può oscillare da 90 a 80, e dai 14 anni ai 21, tra 75 ed 85 al minuto. Tale numero varia pure nello stesso individuo, essendo massimo quando esso corre, minimo se è sdraiato o seduto, e medio se fermo, in posizione verticale.

A ciascun battito del cuore, corrisponde in tutte le arterie un urto prodotto da un'ondata di sangue, che ne dilata le pareti molto elastiche. Il *polso* non è altro che questo urto

(1) La scoperta della circolazione del sangue è relativamente recente, e dovuta specialmente agli studi di naturalisti italiani. Nella seconda metà del secolo XVI Realdo Colombo e Cesalpino descrissero la circolazione respiratoria: poi Fabrizio d'Acquapendente scoprì le valvole delle vene e Harvey, inglese di nascita, ma che studiò a Padova con maestri italiani, pubblicò nel 1628 un opuscolo, rimasto famoso nella scienza, col titolo: « *De motu sanguinis et cordis* »; infine, verso il 1661, Malpighi osservò al microscopio i vasi capillari.

avvertito toccando l'arteria radiale (fig. 49). Nelle arterie grosse il sangue corre con una velocità di circa 30 centimetri per secondo, ma nelle vene appena di 10 centim. (1).

Nella circolazione del sangue il motore principale è il cuore, che agisce come pompa premente, rispetto alle arterie, e aspirante rispetto alle vene. Concorrono, però, come cause secondarie del movimento del sangne, nelle arterie, la *grande elasticità* delle loro pareti; e nelle vene: α) l'esistenza di *valvole* che permettono l'andata del sangue dalle parti periferiche verso il cuore e non viceversa (fig. 51); β) il *numero assai maggior di vene* in confronto di quelle delle arterie; γ) la *contrattilità* delle pareti venose, sebbene molto minore di quella delle arterie. Le valvole delle vene sono ripiegamenti della loro membrana interna, così fatti che quando il sangue giunge ad essi, non può ritornare indietro non ostante l'azione della gravità.

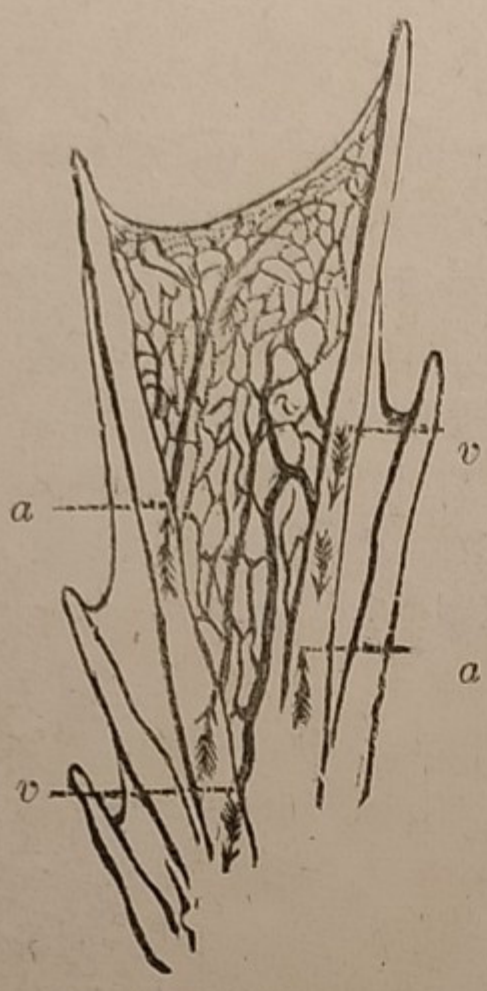


Fig. 50.

Fig. 51.

43. **Prove della circolazione del sangue.** — A dimostrare il reale movimento del sangue negli animali e la direzione del suo corso, bastano le seguenti osservazioni: 1.° aprendo un'arteria, il sangue continua ad uscire con veemenza, finchè il cuore dell'animale batte; 2.° se si lega una vena, essa si gonfia fra la legatura e l'estremità del corpo, mentre si fa floscia tra la legatura stessa ed il cuore, come si esperimenta tutte le volte che si fa un salasso; invece accade il contrario quando si lega un'arteria.

44. **Cenno di anatomia comparata dell'appa-**

50. — Vasi capillari della zampa di una Rana; — *a*, arterie; — *o*, vene. Le freccie indicano la direzione della corrente circolatoria.

51. — Valvole dei vasi linfatici.

(1) Ciascuno dei due ventricoli contiene circa 180 grammi di sangue; quindi ritenendo che il ventricolo sinistro faccia 60 sistoli in un minuto, esso deve in questa unità di tempo fare un lavoro meccanico sufficiente per spingere nell'aorta 60×180 grammi, ossia quasi 11 chilogr. di sangue. Contemporaneamente il ventricolo destro deve spingere circa 11 Kg. di sangue nell'arteria polmonare. Siccome poi si può ritenere che la massa intera del sangue in un uomo adulto sia di cinque Kg. circa, ne segue che passa tutta pel cuore almeno due volte in un minuto primo (Albini).

recchio circolatorio. — Il sangue può trovarsi contenuto in un sistema di vasi chiusi, ovvero essere sparso nelle lacune e ne' pori del corpo dell'animale, come l'acqua in una spugna. Nel primo caso, la circolazione è *vascolare,* nel secondo, è *lacunare.* La circolazione interamente vascolare si osserva in tutti i vertebrati, e solo in essi. In molti animali invertebrati è *mista,* ossia parte vascolare e parte lacunare (molluschi, artropodi, ecc.).

La circolazione vascolare,

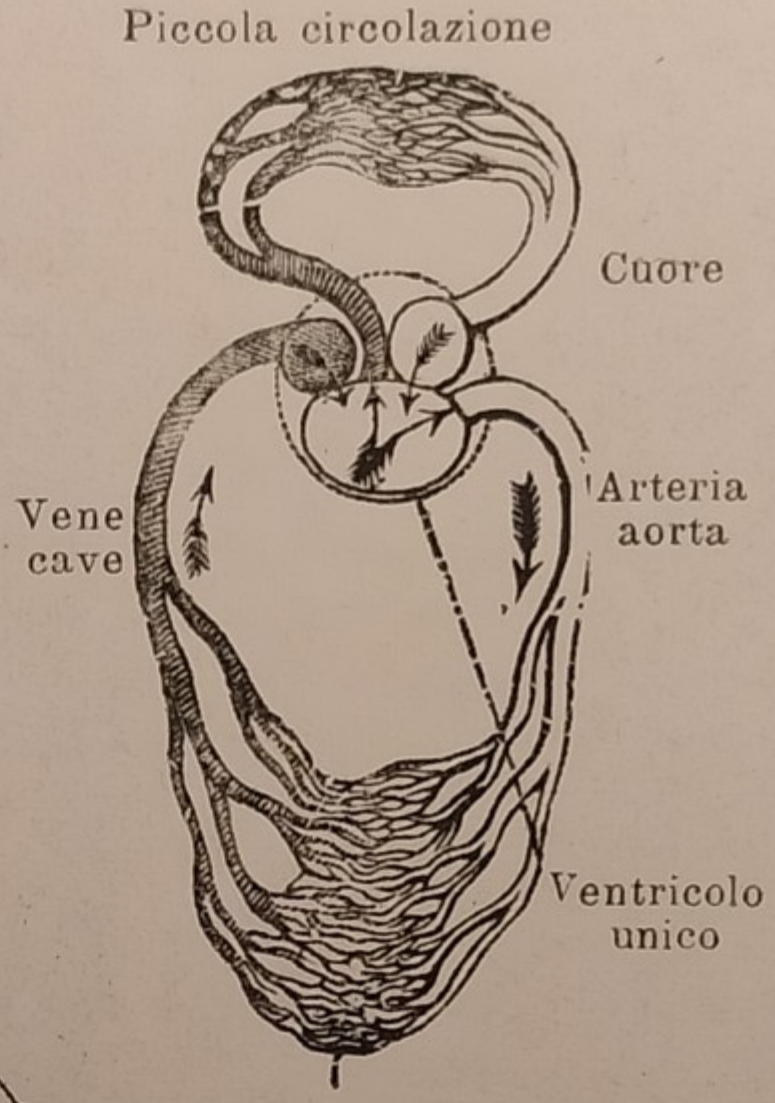


Fig 52.

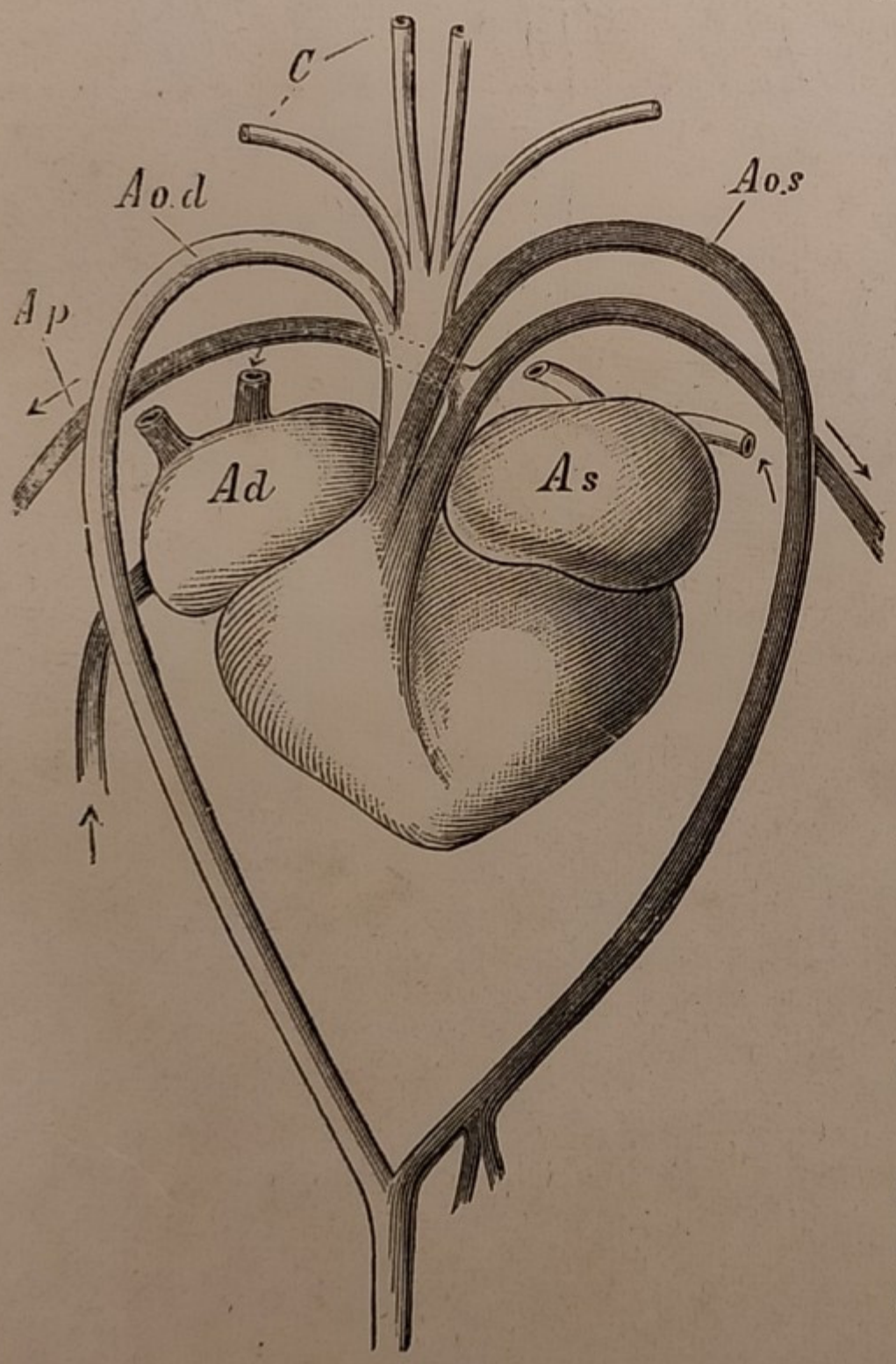


Fig. 53.

quale l'ho descritta nei paragrafi precedenti, si osserva nell' uomo, in tutti i mammiferi e negli uccelli. Essa si dice *doppia,* perchè il sangue passa al cuore due volte e descrive due circoli, e *completa,* perchè il sangue venoso non si mescola in nessun punto col sangue arterioso.

Negli altri vertebrati, il sangue passa al cuore una volta sola (circola-

52. — Circolazione del sangue nei Rettili.
53. — Cuore di una tartaruga; — *Ad,* orecchietta destra; — *As,* sinistra; — *Aod,* aorta destra; — *Aos,* sinistra; — *C,* vasi della testa; — *Ap,* arteria polmonare.

zione *semplice*), ovvero il sangue venoso si mescola con quello arterioso (circolazione *incompleta*). Infatti nei *Rettili* e negli *Anfibii* il cuore ha due orecchiette ed un solo ventricolo, e la circolazione quindi è *doppia*, ma *incompleta* (1), come mostrano le figg. 52 e 53; nei *Pesci* il cuore è formato da un solo ventricolo e da una sola orecchietta. In essi il sangue venoso, provenienti dalle diverse parti del corpo, va al cuore,

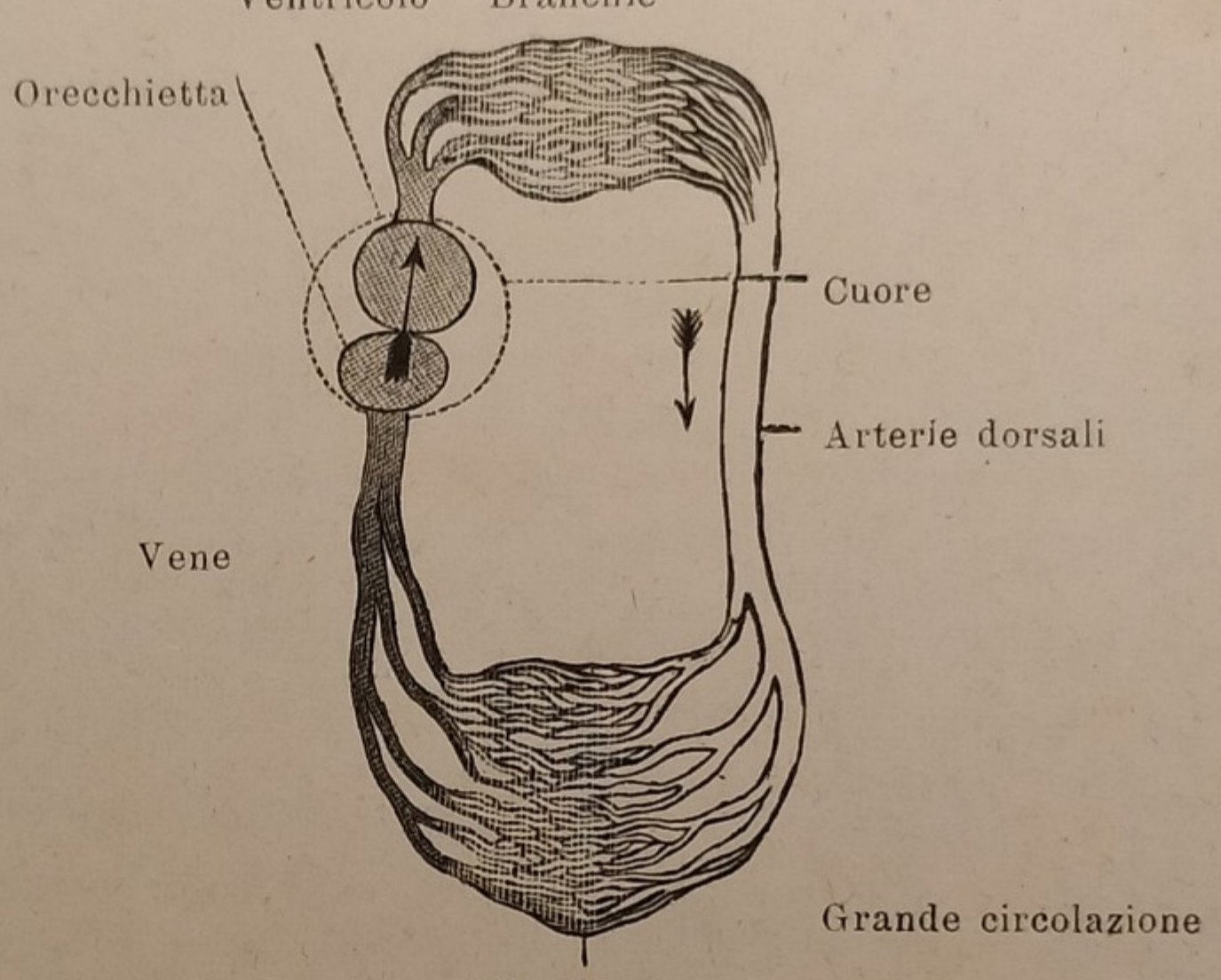


Fig. 54.

il quale lo manda agli organi respiratori: poi da questi, dopo essere diventato arterioso, si porta direttamente a nutrire le varie parti del corpo, senza ritornare prima al cuore. La circolazione quindi è *semplice*, ma *completa*; ed il cuore è esclusivamente venoso (fig. 54).

Nei molluschi più elevati (*Cefalopodi*), la circolazione è quasi completamente vascolare; c'è un cuore con due cavità, che riceve il sangue arterioso dalle branchie e lo manda per mezzo di arterie, alle diverse parti del corpo; vi sono vene che portano il sangue alle branchie e vasi capillari, per cui il sangue passa dalle arterie alle vene. Nei *Gasteropodi* e nei *Lamellibranchi*, invece, c'è sempre un cuore arterioso, ma la circolazione venosa è lacunare.

54. — Circolazione del sangue nei Pesci.

(1) Fanno eccezione i coccodrilli, nei quali i due ventricoli del cuore non comunicano tra loro, come nei mammiferi.

Gli *Insetti* hanno un cuore con forma di tubo pulsante, collocato nella parte dorsale del corpo, divisa in concamerazioni, ciascuna delle quali presenta aperture (dette *ostii*), munite di valvole. Al cuore segue anteriormente una corta aorta, che termina, sotto il ganglio cefalico, con un orificio beante donde il sangue va nella cavità generale del corpo: mancano altri vasi e sono sostituiti da sistemi di lacune.

Come si vede nella fig. 55, nei *Crostacei* esiste un cuore

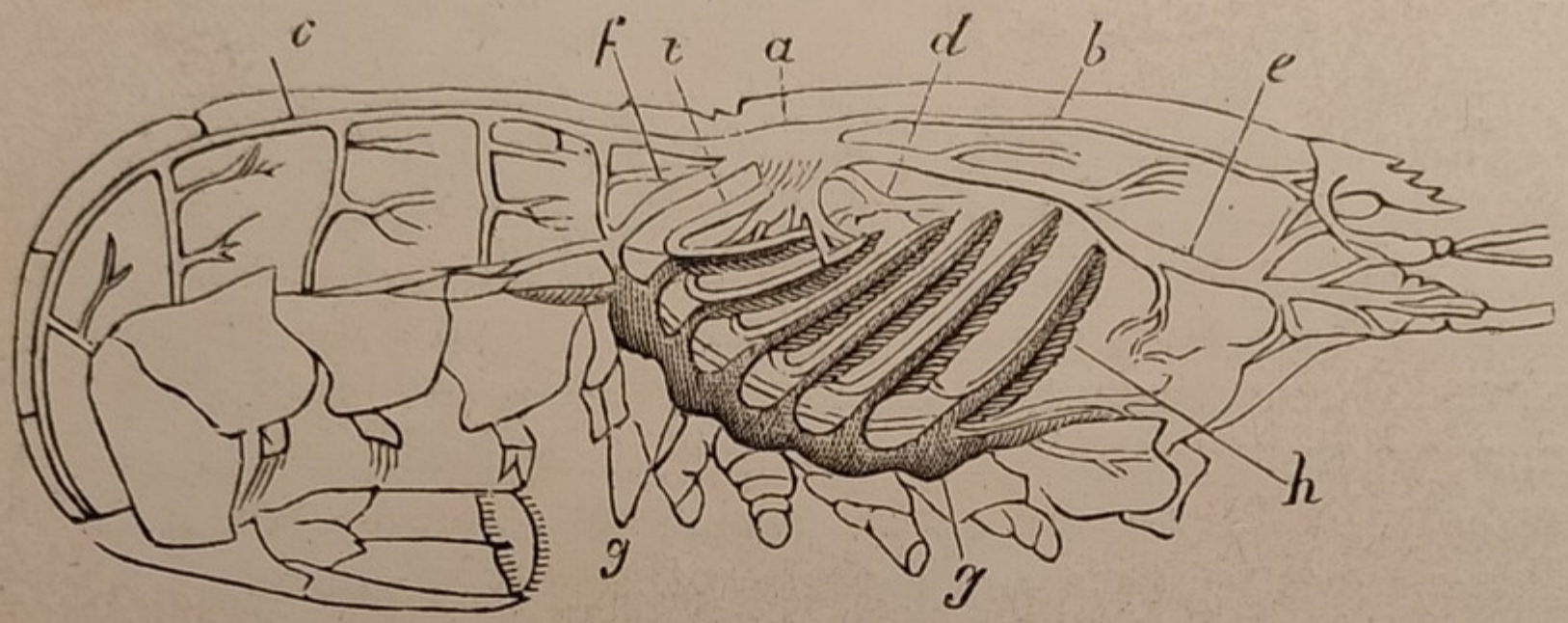


Fig. 55.

arterioso formato da un solo ventricolo, situato alla parte dorsale del corpo, diverse arterie *b, c, d, e,* ed un seno venoso *g,* ove si raccoglie il sangue per giungere alle branchie *h,* o dalle quali ritorna al cuore, penetrandovi per mezzo di *ostii,* muniti di valvole speciali.

Nei *Vermi* più elevati (Anellidi) la circolazione è simile a quella degli Artropodi: negli *Entozoi,* invece è totalmente lacunare.

Negli *Echinodermi* la circolazione è ancora in parte vascolare. Infine, nei *Celenterati* e nei *Protozoi,* non c'è più traccia di apparato circolatorio. In alcuni *Infusori,* però, esistono certe vescichette pulsanti, poste qua e là nel parenchima del corpo, le quali rappresentano un primo rudimento di cuore.

Riepilogando, la circolazione del sangue può essere:

1°. vascolare { doppia e completa; doppia e incompleta; semplice e completa
2.° mista (parte vascolare e parte lacunare)
3.° lacunare.

55. — Apparato circolatorio e respiratorio di un'Aragosta : — *a,* cuore ; — *b, c, d, e, f,* arterie; — *g, g,* seni venosi riceventi il sangue dalle diverse parti del corpo per mandarlo alle branchie *h* ; — *i,* vasi branchio-cardiaci, per cui il sangue dalle branchie ritorna al cuore.

5. Respirazione e calore animale

45. **In che consiste la respirazione.** — La respirazione è quella funzione, per la quale il sangue venoso viene in contatto coll'aria, a cui cede l'anidride carbonica che contiene, per ricevere in cambio ossigeno.

Quest'ultimo gas viene per la massima parte fissato direttamente dai globuli rossi, e per mezzo di essi, portato a tutte le parti del corpo.

Collocando un animale in un ambiente ermeticamente chiuso nel quale l'aria non possa rinnovarsi, lo si vede, dopo qualche tempo, cadere asfittico. Analizzata allora l'aria, si osserva che è considerevolmente diminuita la quantità di ossigeno, mentre è grandemente aumentata la quantità di anidride carbonica, e che la dose di azoto non si è quasi alterata. Infine si troverebbe notevolmente accresciuto il vapore acqueo.

Precisamente l'aria normale *inspirata* contiene, su 100 parti in volume, 20,93 di ossigeno, 79,07 di azoto e circa 4 decimillesimi di anidride carbonica; invece l'aria *espirata* contiene 16,03 di ossigeno 79,15 di azoto e 4,38 % di anidride carbonica.

Dunque, la respirazione consiste essenzialmente in uno *scarico* di anidride carbonica e di vapore acqueo e *carico* di ossigeno; e press'apoco il volume dell'ossigeno assorbito è eguale a quello dell'anidride carbonica emessa. L'azoto viene anch'esso assorbito insieme all'ossigeno, ma è di nuovo esalato, senza subire variazione appena sensibile; sicchè pare che esso non abbia altro ufficio che di limitare l'azione e la quantità d'ossigeno, che viene a contatto col sangue.

L'aria espirata ha un peso maggiore di quella inspirata, perchè contiene molto vapore acqueo e perchè l'anidride carbonica è più pesante dell'ossigeno: di più l'aria espirata è quasi sempre più calda dell'aria esterna. Perciò si è calcolato che un uomo adulto in 24 ore perde per la respirazione circa 630 grammi in peso e circa 300 calorie di energia termica.

D'inverno si avverte facilmente la presenza del vapore acqueo tra i prodotti della respirazione, perchè allora questo vapore, appena viene a contatto coll'aria, si condensa per il raffreddamento che subisce.

46. **Effetti della respirazione.** — L'ossigeno assorbito dagli organi respiratori, solo in piccola quantità rimane allo stato di soluzione nel plasma, essendo quasi tutto fissato dall'emoglo-

bina delle emazie, allo stato di combinazione molto instabile (ossiemoglobina). Lo stesso avviene dell'anidride carbonica. Orbene, i globuli rossi del sangue, per azione dell'acido-carbonico diventano gonfi e flosci; si coartano, invece, e diventano lucidi per la presenza dell'ossigeno. Perciò l'effetto immediato della respirazione è un cambiamento di colore del sangue, che da rosso-oscuro (sangue venoso), diventa rosso-vivo (sangue arterioso).

L'ossigeno inspirato è destinato a combinarsi colle materie combustibili del corpo, che sono specialmente il carbonio e l'idrogeno delle sostanze ternarie (amidi, grassi, ecc., 1°, § 6).

Queste combinazioni per cui si producono l'anidride carbonica ed il vapore acqueo, eliminati nella respirazione, non si compiono nei polmoni, come si credette per lungo tempo, ma in tutti i tessuti del corpo, ove giunge il sangue arterioso ossigenato. Si constatò, infatti, che l'anidride carbonica esiste già formata nel sangue venoso, quando questo si porta dalle diverse parti del corpo ai polmoni; e che similmente esiste l'ossigeno nel sangue arterioso, anche dopo che esso ha abbandonato i polmoni.

47. **Origine del calore animale.** — La combinazione dell'ossigeno del sangue arterioso col carbonio e coll'idrogeno dei tessuti di tutte le parti del corpo genera calore (1): poichè è un fenomeno identico a quello che avviene nelle combustioni ordinarie (1°, § 4).

Si aggiunga, che anche molte altre combinazioni chimiche, che si verificano nei processi di assimilazione (vedi § 58) sono pure accompagnate da sviluppo di calore.

Questo calore che gli animali generano nel loro interno per effetto delle combinazioni chimiche che si compiono nei fenomeni nutritivi, si chiama *calore animale*.

La produzione del calore animale prende anche il nome di *termogenesi animale*.

48. **Animali a sangue caldo ed a sangue freddo.** — Gli animali perdono continuamente il loro calore interno, per la via della pelle, per la respirazione, per le secrezioni, ecc. Ma nei mammiferi e negli uccelli, nei quali la circolazione e la respirazione sono più attive, non ostante queste perdite, il calore prodotto eccede notevolmente quello perduto, e si accumula, elevando la temperatura del corpo dell'animale e man-

(1) Un grammo d'idrogeno, combinandosi con 8 grammi di ossigeno, sviluppa circa 34 calorie.

tenendola *costante* tutto l'anno, indipendentemente dalle variazioni di temperatura esterna. Questi animali, a temperatura costante, si chiamano *autotermi,* od animali *a sangue caldo.* Nell'uomo adulto la temperatura costante è in media di 37 gradi centigradi (1) e si calcola che la quantità totale di calore sviluppato nel suo organismo, in 24 ore, sia di 2500 calorie circa, cioè equivalga alla quantità di calore bastevole per riscaldare 25 litri d'acqua da 0° a 100° C. Negli altri mammiferi varia da 36° a 40°, e negli uccelli da 38° a 44°. In tutti gli altri animali la temperatura interna non è costante, ma varia con quella dell'ambiente, e perciò si dicono *a sangue freddo* o meglio *eterotermi,* cioè a temperatura variabile. In essi c'è pure produzione di calore, ma appena sufficiente per mantenere la temperatura dell'animale di poco superiore a quella dell'ambiente. I rettili, di solito presentano una temperatura di parecchi gradi superiore a quella dell'ambiente; i pesci (fatte poche eccezioni) hanno una temperatura, che supera di un grado quella dell'acqua in cui vivono. Gli insetti presentano spesso un calore interno superante di parecchi gradi la temperatura esterna. Davy, esperimentando sull'Ostrica, sul Gambero e su alcuni granchi, vi trovò la medesima temperatura dell'acqua che li circonda.

49. **Lavoro meccanico. Animali elettrici e fotogeni.** — Parte del *calore animale* viene restituito all'ambiente per la traspirazione polmonare e per quella cutanea, nonchè per irradiazione e per conducibilità da tutte le parti del corpo. Un'altra quantità notevole di calore animale si trasforma in *lavoro meccanico.* Infatti, si è constatato che ogni contrazione muscolare è accompagnata da un consumo di calore, e perciò dalla combustione di glucosio o di altre sostanze ternarie, con sviluppo di anidride carbonica. E siccome i fisici hanno trovato che l'*equivalente meccanico della caloria* è rappresentato da 427 chilogrammetri (2), così quando noi per esempio solleviamo un peso di chilogrammi 42,7 all'altezza di 10 metri, consumiamo tanto calore quanto basta per riscaldare da 0° ad 1° C. un chilogr. d'acqua.

In alcuni animali il calore non si trasforma soltanto in lavoro meccanico, ma pure in energia elettrica, ovvero in ener-

(1) Nell'uomo adulto si osserva la temperatura normale di 37° C. applicando il termometro sotto l'ascella, ma la temperatura interna del sangue dev'essere un poco maggiore, cioè circa 39° C.

(2) Il chilogrammetro è l'unità di lavoro meccanico, cioè il lavoro necessario per sollevare un chilogrammo all'altezza di un metro.

gia luminosa. Gli organi elettrici delle Torpedini, del Ginnoto e del Siluro, sono formati dalla giustapposizione di tanti cilindretti o prismetti allungati costituiti dalla sovrapposizione di sottili piastrelle, alle quali terminano numerose e grosse diramazioni del sistema nervoso. Con tali organi questi pesci sviluppano elettricità statica, che comunicano ad altri animali per mezzo di scariche a scopo di offesa o di difesa. Come si vede nella fig. 56, nella Torpedine gli organi elettrici sono vicini alle branchie.

Assai più numerosi sono gli animali forniti di organi luminosi o fosforescenti (animali *fotogeni*), specialmente tra gli animali marini viventi a grandi profondità, dove la luce del sole non arriva. Il fenomeno della *fosforescenza marina* è dovuto alle Noctiluche, ai Pirocisti e ad altri animaletti protozoi. Sono pure luminosi taluni Corallarî di grandi profondità (es.: Mopsea) e molti celenterati (es.: Beroe, Meduse), taluni Tunicati, Molluschi, Crostacei e Pesci. Sulla terra ferma gli animali fotogeni sono in numero minore ed appartengono quasi tutti ai coleotteri (es.: Lucciole, Lampiridi, Pirofori).

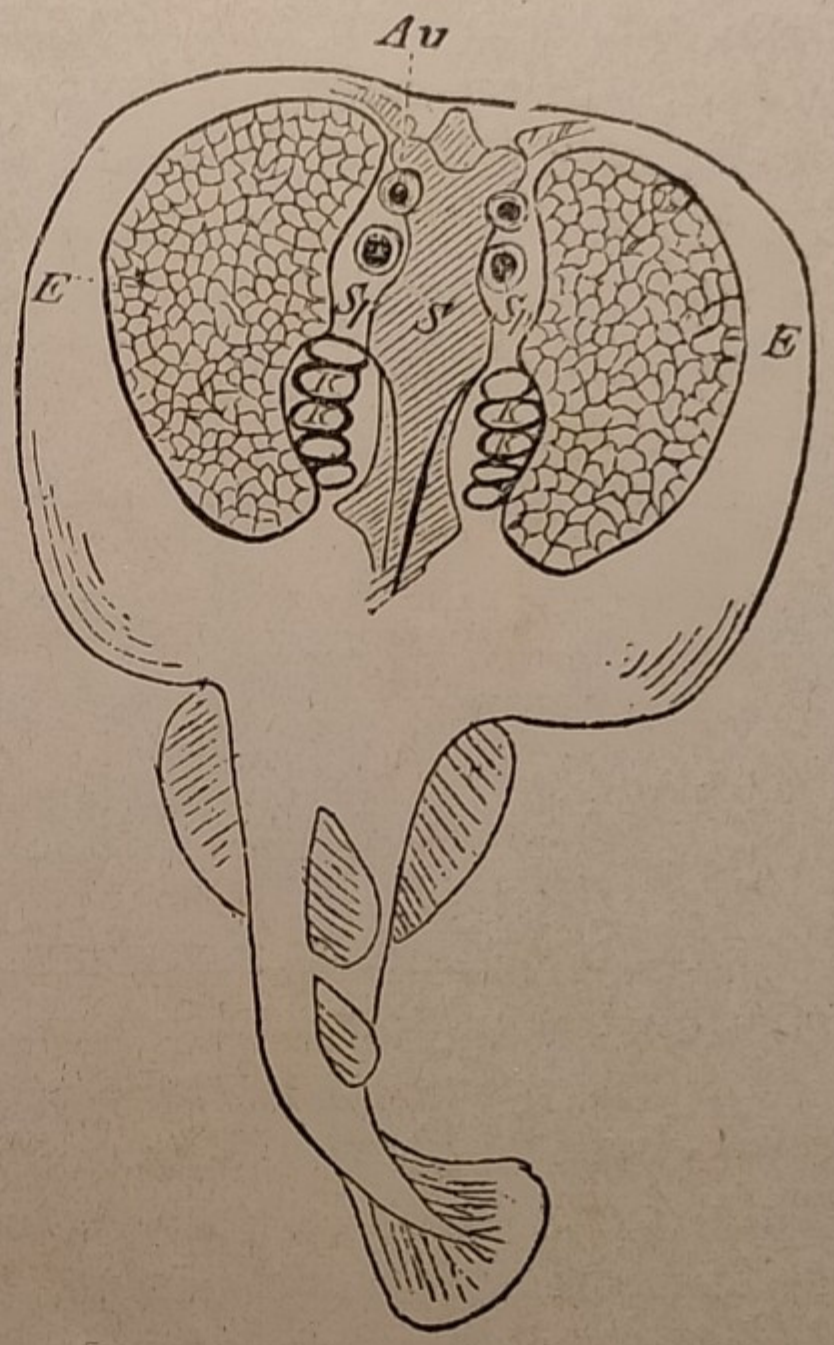


Fig. 56.

50. **Necessità della respirazione.** — Se si mette un uccello sotto la campana della macchina pneumatica e gli si leva l'aria, lo si vede in pochi minuti morire asfissiato. Similmente accade di un pesce messo in un'acqua priva affatto di aria. Dunque tutti gli animali, tanto terrestri che acquatici, per vivere hanno bisogno di respirare l'aria.

Al qual proposito giova ricordare che l'ossigeno è più solubile dell'azoto nell'acqua; e perciò l'aria sciolta nell' acqua contiene una proporzione maggiore di ossigeno dell' aria ordinaria, cioè circa il 33 % invece del 21 %.

56. — Organi elettrici della Torpedine: — *S*, cranio; — *KK*, branchie; — *EE*, organi elettrici; — *Au*, occhi; — *Sp*, spiracoli.

51. **Respirazione aerea e acquatica.** — La respirazione dicesi *aerea,* se l'animale respira l'aria libera dell'atmosfera; e dicesi *acquatica,* se l'animale (Pesci, Molluschi, ecc.) respira l'aria, che in natura si trova sempre in maggiore o minore quantità sciolta nell'acqua. Gli organi della respirazione aerea sono i *polmoni* (vertebrati), le *trachee* (Insetti) e i *sacchi polmonari* (Scorpioni). Gli organi della respirazione acquatica sono le *branchie,* ovvero *i vasi acquiferi.* Finalmente, negli animali più semplici (es.: Protozoi e alcuni Celenterati), nei quali non esiste apparato circolatorio, non vi sono neppure organi respiratorî distinti. In essi i liquidi nutritivi interni scambiano i loro gas coll'aria direttamente attraverso il tegumento del corpo dell'animale. Si dice quindi che la loro respirazione è *cutanea.* E pure alcuni Antropodi e Vermi respirano solamente per la cute.

Riassumendo, distinguiamo i seguenti modi di respirazione:

I. aerea . . { per polmoni . { cellulari / a sacco
per trachee e sacchi polmonari

II. acquatica { per branchie / per vasi acquiferi.

52. **Organi della respirazione polmonare.** — Questi organi risultano dai *polmoni* e dalle *vie aeree.*

Le vie aeree sono un sistema di canali, che servono a portare l'aria dell'atmosfera nell'interno dei polmoni, e viceversa. Tali canali sono le *fosse nasali,* che si aprono direttamente nella retrobocca o *faringe,* alla quale poi fanno seguito la *laringe,* la *trachea* ed i *bronchi* (fig. 57).

La *laringe* (fig. 58) è un tubo largo e breve collegato all'osso ioide, dietro la base della lingua. È formata da varie lamine cartilaginee, delle quali quella anteriore, chiamata *tiroidea,* forma nell'uomo una prominenza, detta volgarmente *pomo d'Adamo.* L'apertura superiore della laringe dicesi *glottide,* ed è chiusa da una valvola detta *epiglottide* di cui ho già parlato (§ 23). Nella laringe stanno le *corde vocali,* che descriveremo più avanti al § 110.

Alla laringe fa seguito inferiormente la *trachea,* che è un tubo più lungo della laringe e costituito da tanti piccoli anelli cartilaginei. Esso discende lungo la parte anteriore del collo, davanti all'esofago: e, quando è giunta ad un certo punto, nell'interno del torace, si biforca, dando origine a due canali, detti *bronchi.*

Tutti questi condotti aeriferi sono tappezzati internamente da *epitelio vibratile* (§ 3) e forniti di glandolette secernenti un muco speciale, destinato a trattenere i pulviscoli e le altre materie, estranee, che l'aria porta seco, entrando nelle vie aeree.

53. **Struttura dei polmoni.** — I polmoni sono un complesso di cavità, nel cui interno arriva l'aria per mezzo delle vie aeree, e sulle cui pareti si distribuiscono i vasi sanguigni capillari. Il sangue, trovandosi in tal modo separato dall'aria

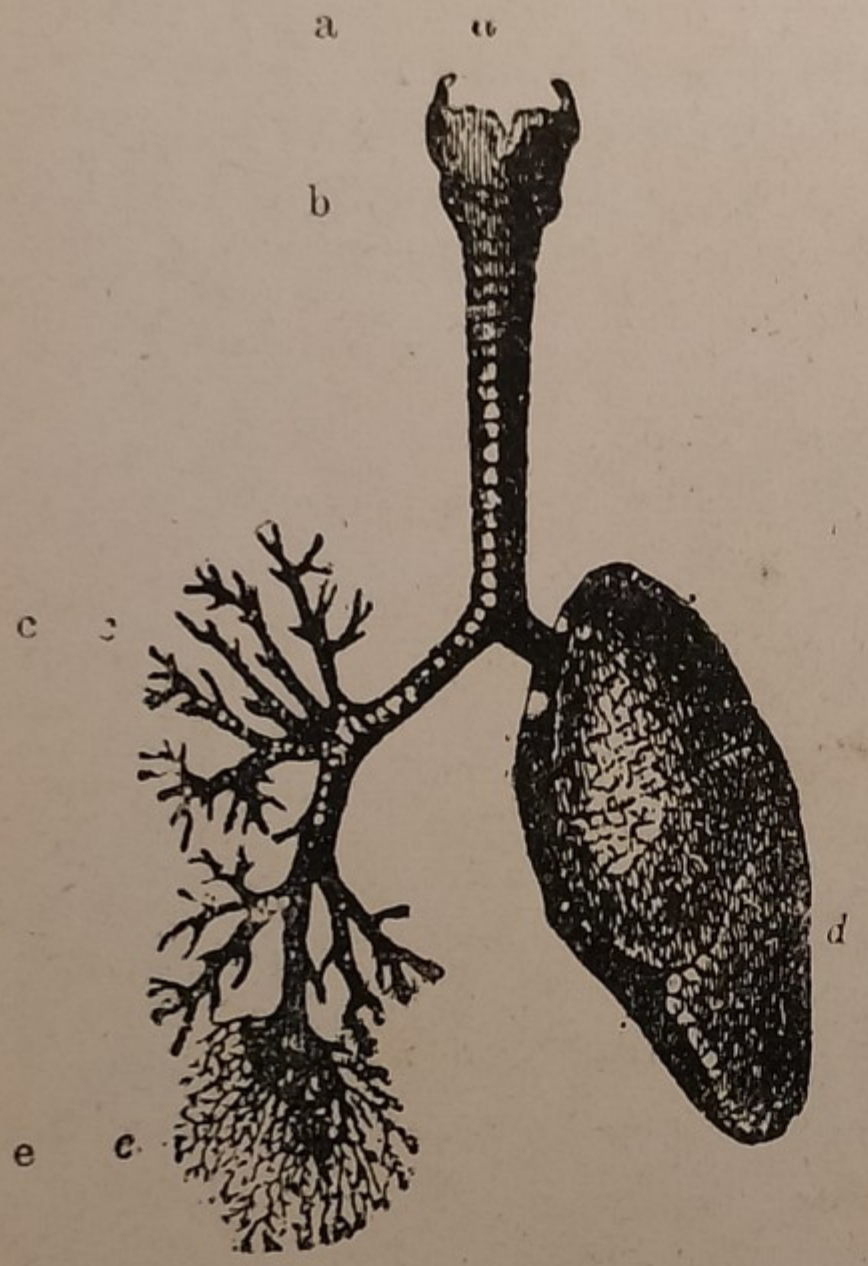


Fig. 57.

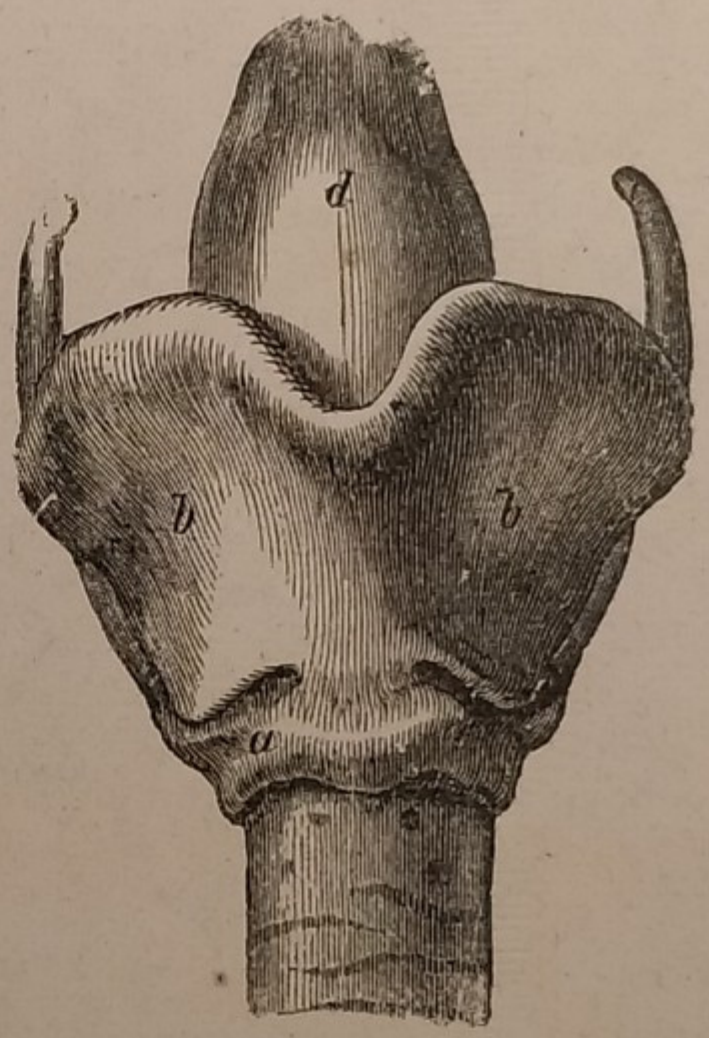


Fig. 58.

solo per le pareti esilissime dei capillari, scambia con questa i suoi gas, per fenomeno di osmosi (1ª, § 79).

Nei Rettili e negli Anfibi i polmoni sono *a sacco* e presentano un'ampia cavità divisa, almeno in generale, in un numero piccolo di concamerazioni.

In questi animali quindi la respirazione è poco attiva, perchè si compie sopra una superficie polmonare poco estesa. Assai maggiore, invece, è l'attività respiratoria nei Mammiferi e

57. — Trachea e polmoni (il polmone destro è denudato per mostrare le ramificazioni dei bronchi): *a*, laringe; — *b*, trachea; — *c*, grandi bronchi; — *e*, bronchi capillari; — *d*, polmone sinistro.

58. — Laringe vista anteriormente: *a*, cartilagine cricoide; — *b*, cartilagine tiroide; — *c*, corno; — *d*, epiglottide.

negli Uccelli, nei quali i polmoni sono *cellulari*. Nell'uomo, i polmoni sono due, posti uno a destra del cuore e l'altro a sinistra. Il polmone destro è diviso in tre lobi, il sinistro in due ed il primo è un po' più pesante del secondo.

I polmoni cellulari sono formati dai bronchi, divisi e suddivisi in tante diramazioni capillari o bronchioli. Ciascun bronchiolo termina in un piccolo sacchetto, chiamato *globulo polmonare*, nel quale confluiscono tante piccolissime dilatazioni ampollari, dette *infundiboli*. Infine le pareti degli infundiboli presentano piccolissimi rigonfiamenti, a fondo cieco (detti *alveoli* o *vescicole* polmonari), sulle cui pareti arrivano i capillari sanguigni, mentre nell'interno giunge una bollicina di aria (fig. 59, C). E chiaro che questi alveoli rappresentano il vero

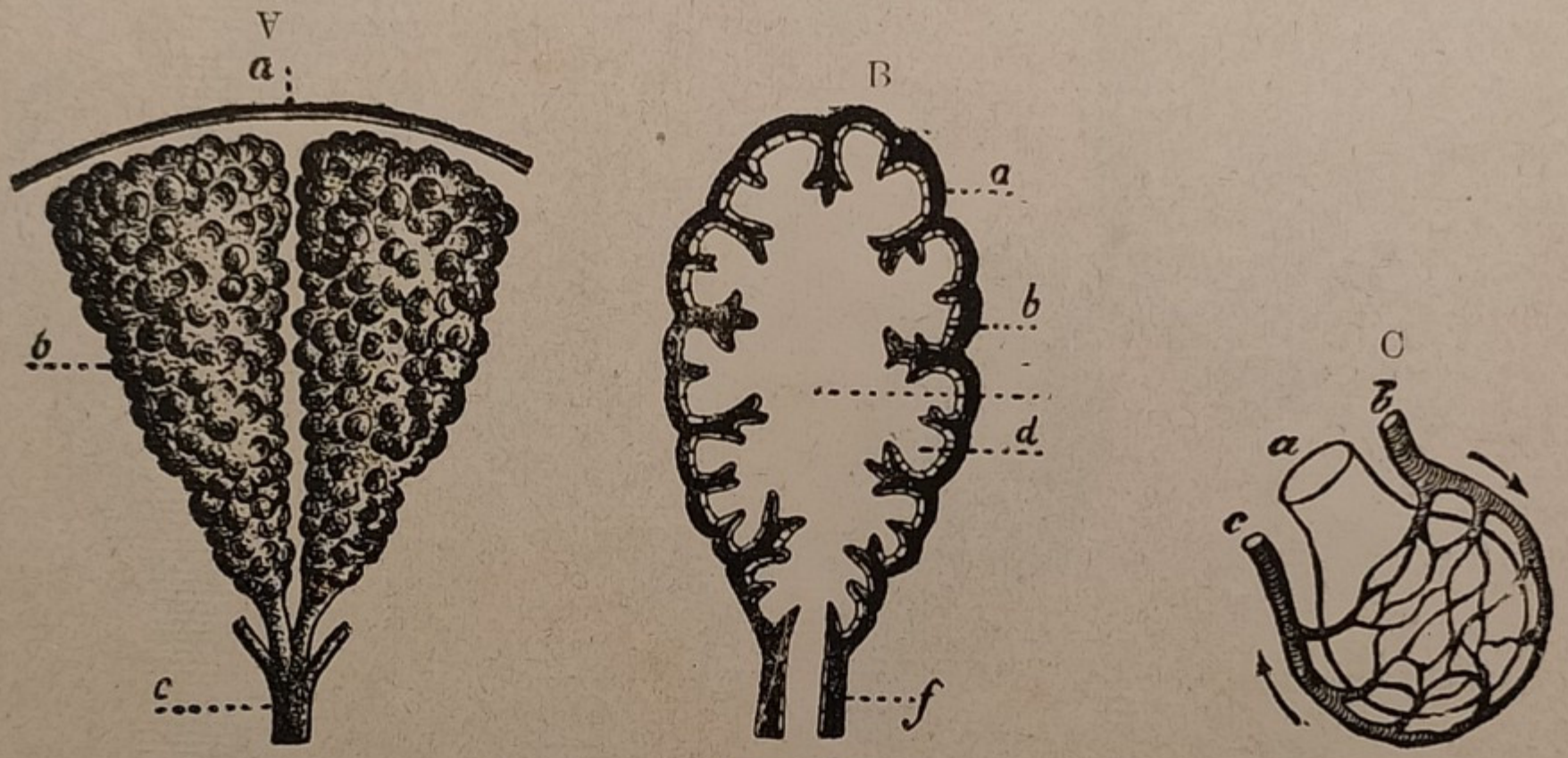


Fig. 59.

polmoncino elementare. In altre parole: un certo numero di alveoli comunicano tra loro e formano un infundibolo; parecchi infundiboli riuniti insieme, formano un *lobulo;* e la riunione di tanti lobuli forma il polmone. Tra le diramazioni capillari dei bronchi e tra i lobuli si frappone un tessuto connettivo speciale, che rende compatta la massa polmonare. Ciascun polmone poi è ravvolto e protetto da una membrana mucosa chiamata *pleura*.

È facile intendere come la descritta struttura dei polmoni cellulari sia una sapiente disposizione, per la quale la superficie, su cui in un medesimo tempo il sangue viene aereato,

59. — *A*, due lobuli polmonari: *a*, involucro sieroso (pleura); — *b*, vescicole polmonari costituenti il lobulo; — *c*, bronco sopra-lobulare; — *B*, un lobulo tagliato secondo il suo grande asse; — *C*, una vescicola polmonare isolata: *a*, vescicola; — *b* e *c*, rami dell'arteria e della vena polmonare.

diventa incomparabilmente maggiore che non se i polmoni fossero a sacco, come nei Rettili. Nell'uomo, per es., si calcola che gli alveoli dei due polmoni ascendano a circa 1800 milioni, e che le loro pareti, spiegate in un piano, darebbero una superficie respiratoria di circa 200 metri quadrati (Mantegazza).

54. **Meccanismo della respirazione polmonare.** — Per intendere l'atto meccanico per mezzo del quale l'aria viene introdotta ed espulsa dai polmoni, bisogna ricordare che il torace è una cavità tutta chiusa (§ 15 e fig. 60), la quale può acquistare maggior capacità in due maniere cioè per la contrazione e per l'abbassamento del diaframma ovvero per l'innalzamento delle coste, e può quindi diminuire di ampiezza per una posizione contraria di questi organi. Ciò premesso, nell'uomo ed in tutti i vertebrati a respirazione polmonare (eccettuati i Cheloni), quando si dilata il torace, per una sola ovvero per ambedue le cause accennate, anche tutte le vescicole polmonari, per consenso, si dilatano pure: l'aria che contengono si rarefà, e l'aria esterna si precipita dentro, come in un soffietto di cui si allontanino le due assicelle: questo atto si chiama *inspirazione*. In brevissimo istante avviene nei polmoni lo scambio dei gas, tra l'aria ed il sangue, ed allora il torace, restringendosi per l'abbassamento delle coste o per l'innalzamento del diaframma,, scaccia dai polmoni il residuo dell'aria penetrata poco prima mista ai gas abbandonati del sangue, come avviene quando si avvicinano le due assicelle di un soffietto; questo atto dicesi *espirazione*.

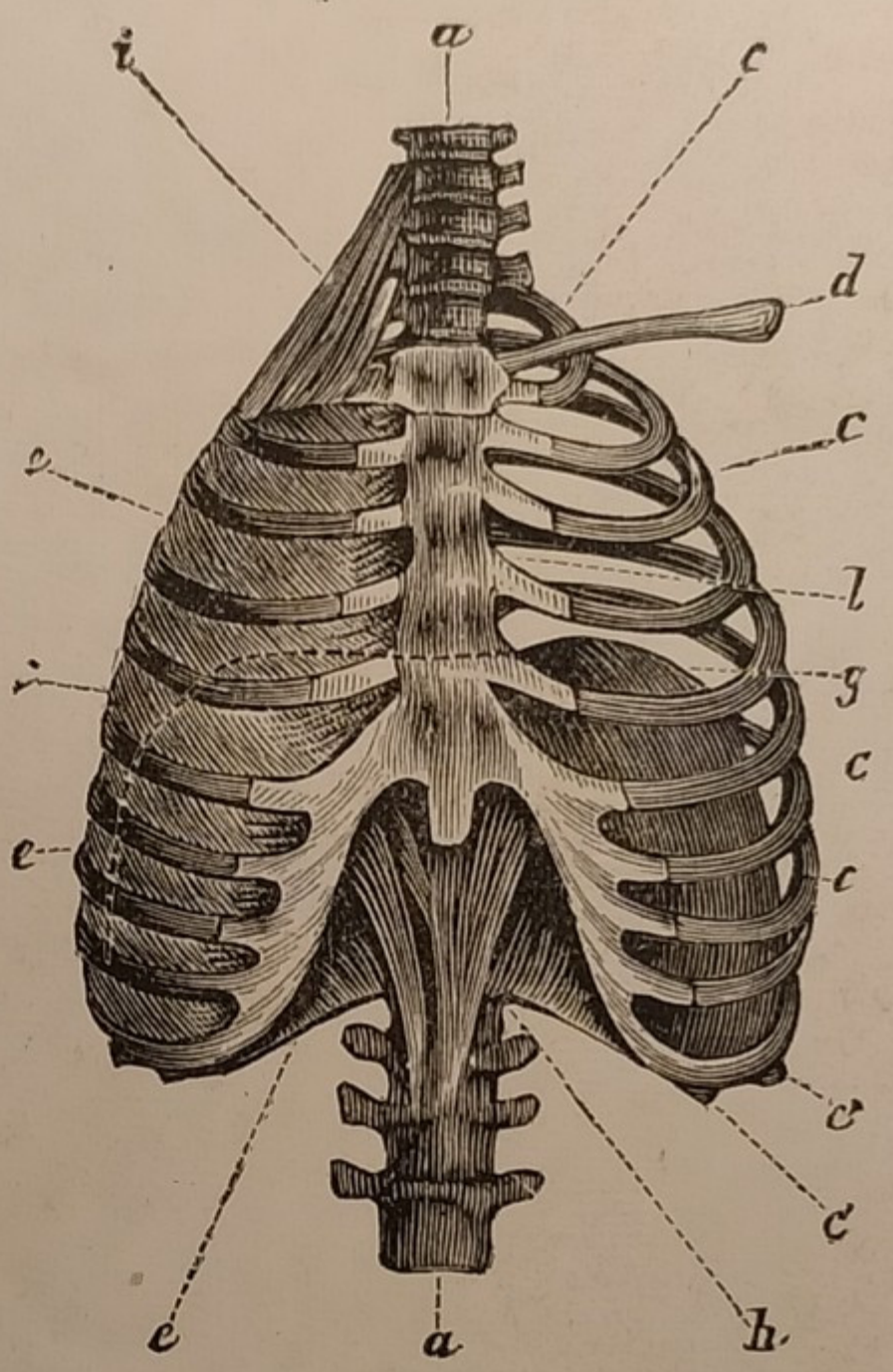


Fig. 60.

Il meccanismo della respirazione consiste, dunque, nell'alternarsi, a brevissimi intervalli, atti d'inspirazione e di espira-

60. — Torace dell'uomo: — *a*, colonna vertebrale; — *b*, sterno; — *c*, *c*, *c'* *c'*, coste; — *d*, clavicola, — *e*, muscoli intercostali; — *i*, muscoli elevatori delle coste; — *g*, diaframma: — *h*, pilastri del diaframma.

zione. L'uomo adulto fa da sedici a diciotto atti di inspirazione e di espirazione in un minuto primo.

Il sospiro, lo sbadiglio, l'anelito, la tosse, lo starnuto, il sin-

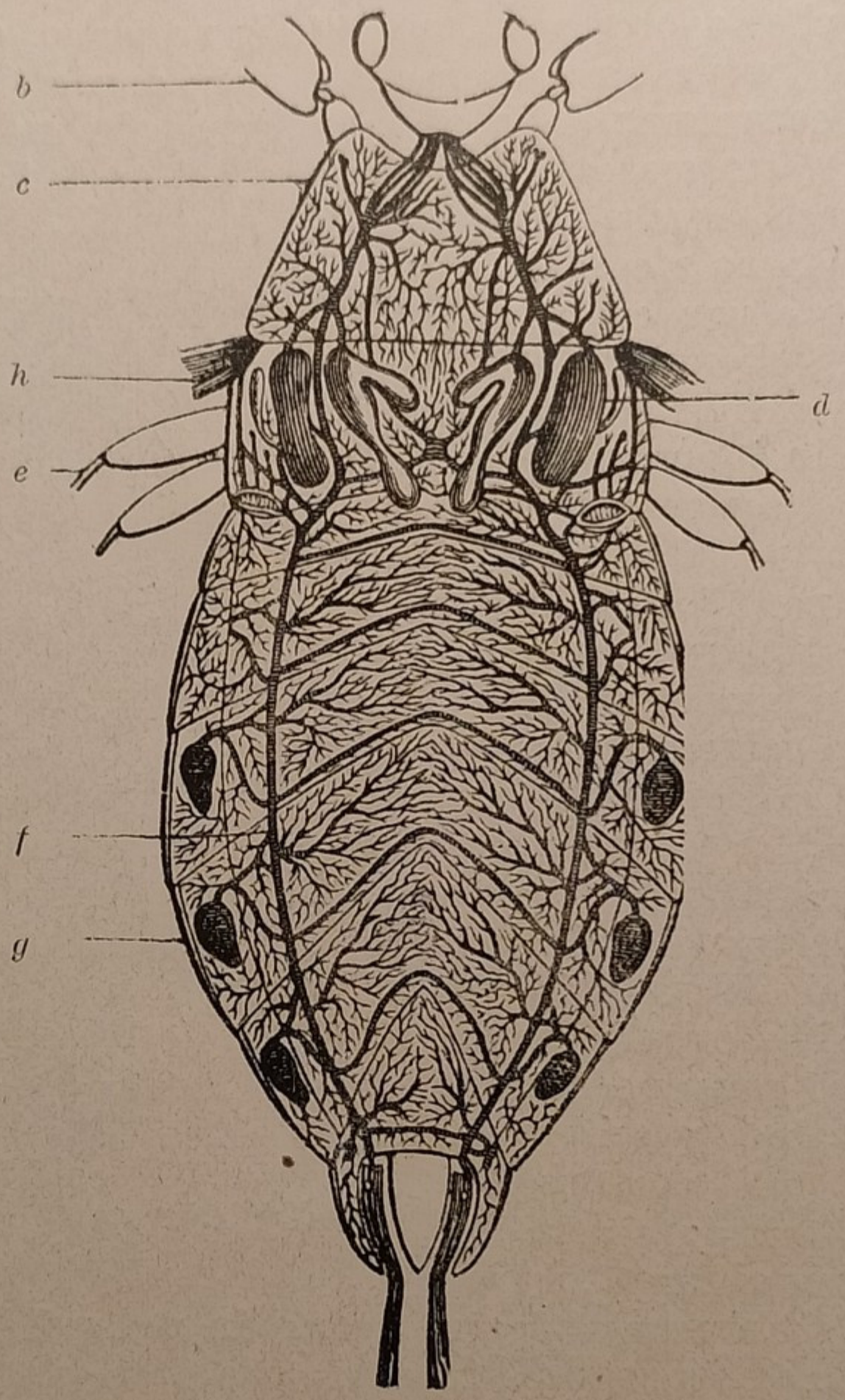


Fig. 61.

gulto, il riso, ecc., non sono che modi particolari di inspirazione e di espirazione, che succedono troppo lentamente o troppo rapidamente o con eccessiva violenza (1).

61. — Apparato respiratorio di un insetto (la Nepe): — *b*, testa; — *c*, primo anello del torace; — *d*, base delle ali; — *e*, base delle zampe; — *f*, trachee; — *g*, stigme; — *h*, vescicole aeree.

(1) Le regole igieniche per una buona respirazione si possono così riassumere: 1.° Respirare aria buona; 2° aria in quantità sufficiente; 3° conservare sani, robusti e liberi, nei loro movimenti, gli organi respiratori.

L'aria, perchè sia buona, dev'essere ricca di ossigeno, priva di anidride car-

55. **Respirazione tracheale.** — In molti Artropodi, a respirazione aerea (gli insetti, i Miriapodi, ecc.), gli organi respiratori si chiamano *trachee*, e sono formate da un sistema di tubi, che si aprono all'esterno, per mezzo di boccucce (dette *stigme*), situate in diverse parti del corpo. Nel bruco del Baco da seta, per esempio, le stigme sono in numero di 18 situate nove per parte ai lati del corpo dell'animale. Le trachee nell'interno dell'animale per lo più si dividono e suddividono in un gran numero di sottilissimi canaletti, i quali vanno a portare l'aria direttamente ai tessuti (fig. 61). In questi animali, dunque, è l'aria che va a ricercare il sangue per ossigenarlo, e non viceversa, come nei vertebrati. Nè poteva essere altrimenti; perchè in essi la circolazione del sangue è sempre, almeno in parte, lacunare (§ 54).

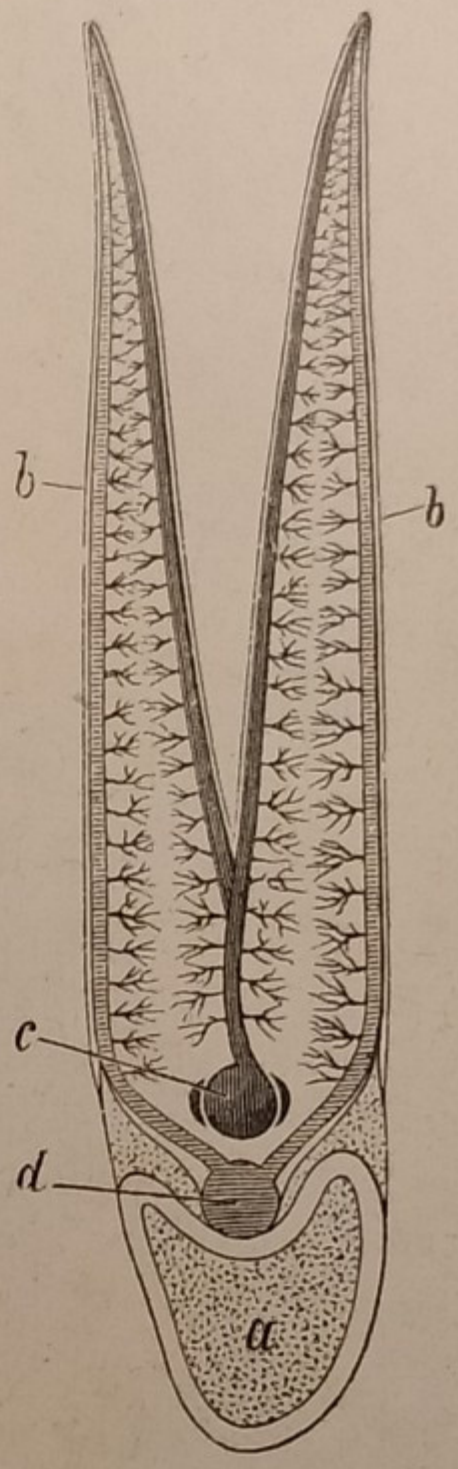


Fig. 62.

In molti Aracnidi, invece delle trachee, vi sono i *sacchi polmonari* formati da molte tasche appiattite disposte come i fogli d'un libro, e comunicanti coll'esterno per apposite aperture.

56. **Respirazione branchiale e per vasi acquiferi.** — Nei Pesci, negli Artropodi, nei Vermi e nei Molluschi, a respirazione acquatica, gli organi respiratori differenziati si chiamano *branchie*.

Le branchie sono appendici ricche di vasi contenenti sangue venosi i quali, arrivati a certe parti del corpo, si dividono

62. — Sezione trasversale delle branchie di un pesce Teleosteo: *a*, arco branchiale osseo; — *b*, lamella branchiale con i capillari; — *c*, canale efferente, con sangue venoso; — *d*, canale efferente, con sangue arterioso.

bonica, contenente il meno possibile di pulviscolo atmosferico, priva di microrganismi patogeni e di prodotti di decomposizione vegetale o animale. L'aria fredda e secca è migliore dell'aria umida e calda.

Rispetto alla quantità, si ritiene che un uomo adulto, nell'ordinaria respirazione, inspiri ed espiri circa un mezzo litro d'aria; quindi in un minuto primo, durante il quale fa almeno 16 atti respiratori, scambi 8 litri d'aria, in un'ora 480 litri, e in 24 ore da 11 e 12 metri cubi d'aria. Perciò, negli ambienti chiusi, è necessario rinnovare frequentemente l'aria, per evitare di inspirare più volte l'aria espirata, che non contiene più la quantità normale di ossigeno (§ 45).

Infine, per attivare la respirazione e rendere robusti i polmoni, sono esercizi igienici il passeggiare, il correre, il cavalcare, il remare, il cantare e l'eseguire esercizi ginnastici, e specialmente quelli, nei quali siano impiegati gli arti toracici.

in tanti ramoscelli, ora disposti come i denti d'un pettine (*branchie a pettine*, figg. 55, 62) ora come le barbe di un pennello, *branchie a pennello* (fig. 63). A ciascun tubetto capillare, che porta sangue venoso (vaso afferente), ne fa seguito uno, che riceve il sangue divenuto arterioso (vaso efferente), il quale va poi alle diverse parti del corpo direttamente (§ 44) o per mezzo di un cuore arterioso.

Fig. 63.

Alcune volte le branchie sono collocate all'esterno e nuotano liberamente nell'acqua, altre volte si trovano in cavità difese da un opercolo squamoso (che nei Pesci si trova ai lati della testa), ovvero sono nascoste in una cavità più interna del corpo (in molti Molluschi), la quale riceve l'acqua per mezzo di apposita apertura. In ogni modo, l'acqua può sempre venire in contatto immediato colle branchie, onde scambiare l'ossigeno che tiene disciolto coll'anidride carbonica del sangue.

Molti animali raggiati, come, ad esempio le Meduse (fig. 80), respirano per mezzo di *vasi acquiferi*, i quali sono canaletti, che ricordano le trachee, però molto meno ramificati di esse. L'acqua entra per questi vasi acquiferi nell'interno dell'animale e porta ai tessuti l'aria che tiene disciolta.

6. Assimilazione ed escrezione

57. **Nutrizione.** — La materia dei tessuti si muta continuamente. Essi ricevono le sostanze portate dal sangue arterioso e le fissano, trasformandole in materie identiche alla propria. In ciò consiste l'*assimilazione*. Ma, nel medesimo tempo, parte delle materie vecchie dei tessuti stessi passano sotto diverse forme nel sangue, e per suo

63. — Branchie a pennello della Arenicola (Anellidi, classe di Vermi).

mezzo vengono espulse dall'organismo. In ciò consiste la *disassimilazione*.

Quando tra questi due processi di composizione e di decomposizione predomina il primo, l'animale aumenta di massa e di volume; nel caso contrario dimagra; ed infine, quando questi due fenomeni si compensano, il peso del corpo rimane stazionario, ma la sua materia va continuamente rinnovandosi. Si può quindi concludere che la *nutrizione* consiste *in un continuo ricambio di materia e di forza fra l'organismo ed il mondo esterno*. Il veicolo di questo scambio è il sangue, e le vie, per cui esso si compie, sono la *respirazione*, la *digestione* e le *secrezioni*.

58. **Assimilazione.** — Sono ancora pochi ed incerti i fatti noti ai fisiologi intorno al processo intimo, per mezzo del quale si compiono l'assimilazione e la disassimilazione. Si crede che, quando il sangue giunge ai tessuti, i globuli cedano a questi l'ossigeno per ossidarli (§ 45-47), ed intanto il plasma, filtrando attraverso le pareti esilissime dei capillari, deponga nei tessuti l'albumina, la fibrina, i grassi ed i sali di cui essi abbisognano. Non si sa se in tutti i tessuti filtrino indifferentemente i diversi elementi del plasma, ovvero se i tessuti stessi abbiano una specie di facoltà elettiva, per cui in ciascuno filtri solamente quella parte del plasma, che gli torna utile. Nella prima ipotesi, i vasi linfatici sarebbero destinati ad assorbire, oltre i prodotti della disassimilazione, anche la parte del sangue filtrata nei tessuti e non assimilata.

Ritengono poi i moderni fisiologi che le sostanze proteiche, gli zuccheri, i grassi ed in genere i composti provenienti dai cibi digeriti, non passino direttamente a far parte dei tessuti, formando rispettivamente le sostanze proteiche, gli zuccheri ed i grassi di questi, ma invece subiscano prima profonde e svariate trasformazioni.

Quello che è certo si è che la cellula animale non forma per sintesi diretta i principi immediati chimici di cui risulta e perciò si è detto (§ 14) che gli alimenti degli animali sono di natura organica.

Come abbiamo visto che nelle piante vi sono dei *serbatoi nutritivi* (1ª, § 82), così ne troviamo anche negli animali. Tali sono il *connettivo adiposo* (§ 5) e il *fegato*. Diverse sostanze grasse vengono conservate nel tessuto adiposo, le quali, quando l'alimentazione è insufficiente, vengono riprese dal sangue e consumate specialmente per la termogenesi. Similmente nel fegato, dove arriva per mezzo della vena porta (§ 32) un san-

gue molto ricco di zuccheri e di peptoni, si forma una sostanza ternaria speciale, detta *glicogeno*, la quale poi, per mezzo di un fermento prodotto dal fegato stesso, si trasforma a poco a poco in glucosio solubile, e in questo stato passa nel sangue e nei diversi tessuti.

59. **Principali escrezioni.** — I prodotti della disassimilazione, ossia, della decomposizione dei tessuti, vengono portati all'esterno per mezzo delle escrezioni, tra le quali sono specialmente da notarsi quelle della pelle, dei reni e del fegato. Si deve però notare che anche i polmoni, fisiologicamente, sono organi di escrezione, perchè tolgono al sangue anidride carbonica e acqua.

I *reni* sono due ghiandole tubolari-composte, situate nell'addome, presso la colonna vertebrale. Essi secernono l'urina, la quale prima, per mezzo di due condotti detti *ureteri*, si raccoglie in un serbatoio membranoso, detto *vescica*, e poi viene espulso dal corpo, attraverso un canale chiamato *uretra* (fig. 64). L'urina è formata in gran parte di acqua (circa 93 per cento), tenente in soluzione diverse sostanze, tra cui le principali sono cloruro di sodio, diversi fosfati, ed un composto azotato speciale, detta *urea* (1).

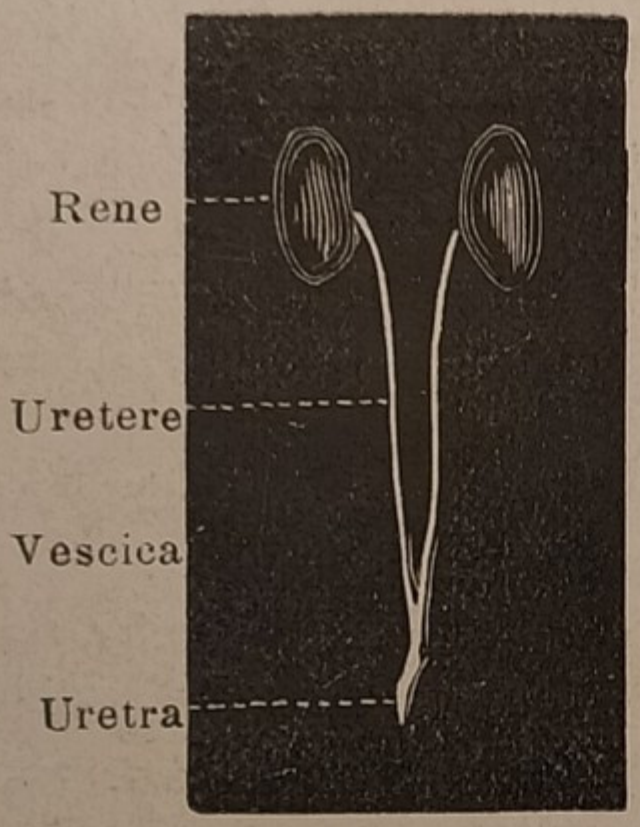


Fig. 64.

Nella pelle esiste un numero grandissimo di glandolette formate da sottili tubetti, ravvolti a gomitolo, le quali si chiamano *ghiandole sudorifere,* perchè secernono il *sudore* (v. § 88). Di queste glandole, nella pelle d'un uomo se ne contano circa due milioni e 400 mila. Il sudore è formato da acqua contenente parecchi sali e traccia di urea e di materie grasse. Un uomo occupato in un lavoro faticoso, può perdere fino 200 grammi di sudore in un'ora.

Nella pelle esistono anche altre ghiandole, dette *ghiandole sebacee*, le quali secernono una materia untuosa, detta *sego cutaneo*. Infine su tutta la superficie cutanea avviene la così detta *traspirazione insensibile*, per la quale la pelle emette acqua e diverse sostanze volatili ed aeriformi, tra cui tracce di anidride carbonica.

64. — Apparato urinario.

(1) La escrezione urinaria è uno dei fattori più importanti del ricambio nutritivo. La quantità normale di urina nell'uomo adulto, varia da 1200 a 1600 gr. in 24 ore, e contiene da 30 a 40 gr. d'urea. L'urina ha reazione acida negli animali carnivori e basica in quelli erbivori.

Un altro organo escretore importate è il *fegato,* poichè la bile contiene, oltre i principii necessari per la chilificazione (§ 27), anche diverse sostanze destinate ad essere espulse dall'organismo, tra cui alcuni composti azotati ed un composto ternario speciale detto *colesterina.*

60. **Riepilogo. Bilancio organico.** — Riassumendo, i principali scambi di materie che si effettuano tra l'organismo e l'ambiente in cui esso vive, sono i seguenti: *entrano,* per la digestione, gli amidi ed altre materie idrocarbonate, i grassi e le sostanze azotate, e per la respirazione l'ossigeno: *escono,* per la respirazione, acqua e anidride carbonica (ossia i prodotti di decomposizione delle sostanze idrocarbonate, degli amidi e dei grassi); per l'urina, ancora acqua, parecchi sali e l'urea (prodotta dalla decomposizione delle materie azotate); per il fegato, la colesterina e alcune sostanze azotate; infine per la pelle, molta acqua, diversi sali e tracce di acido carbonico.

In un animale adulto, che abbia raggiunto il suo completo sviluppo, è necessario che queste *entrate* e queste *uscite* si eguaglino perfettamente, ossia che il *bilancio organico* sia al pareggio, poichè tanto un difetto come un eccesso delle materie assimilate o di quelle disassimilate per escrezione può recare nocumento all'organismo. Un uomo adulto, per esempio, che lavora mediocremente, consuma in media, durante 24 ore, 130 gr. di sostanze albuminoidi, 500 gr. di sostanze ternarie (idrati di carb. e grassi), 30 gr. di sali e 2800 gr. di acqua. Quindi la regola igienica fondamentale dell'alimentazione è che essa sia *mista,* cioè formata da cibi di diversa natura, alcuni albuminoidi o azotati (carni, uova, ecc.), altri ternarî (pane, patate, grassi, olii (1).

(1) Si chiama *razione giornaliera* quella quantità di alimenti di diversa natura atta a fornire, nelle giuste proporzioni, le sostanze che l'uomo adulto consuma normalmente in un giorno. Per sapere formarsi da sè una buona razione giornaliera, bisogna aver presente la composizione chimica degli alimenti, e qui la riporto per alcuni di essi. A questi numeri però bisogna aggiungere da 1 a 2 % di sali, che esistono in tutti gli alimenti in quantità poco varia.

Alimenti	Albuminoidi	Idrati di carbonio	Grassi	Acqua
Carne di bue magra . . .	13	—	6	75
Pane di frumento	6.2	53	1	39
Riso	5	84	0.7	9
Piselli	23	62	2	11
Fagiuoli	25	58	2	12
Patate	2	23	1	74
Latte di vacca	4.40	4.20	3.20	87.5
Uova di gallina	31	—	12	74

Riflettendo su queste cifre, si vede che, chi volesse nutrirsi di solo pane do-

III

Funzioni di riproduzione.

1. Diversi modi di riproduzione

61. **Riproduzione agamica.** — Si chiamano *funzioni di riproduzione* quelle per cui gli animali generano altri individui della propria specie. Queste funzioni sono necessarie per la conservazione della specie, perchè gli individui hanno sempre un periodo limitato di esistenza.

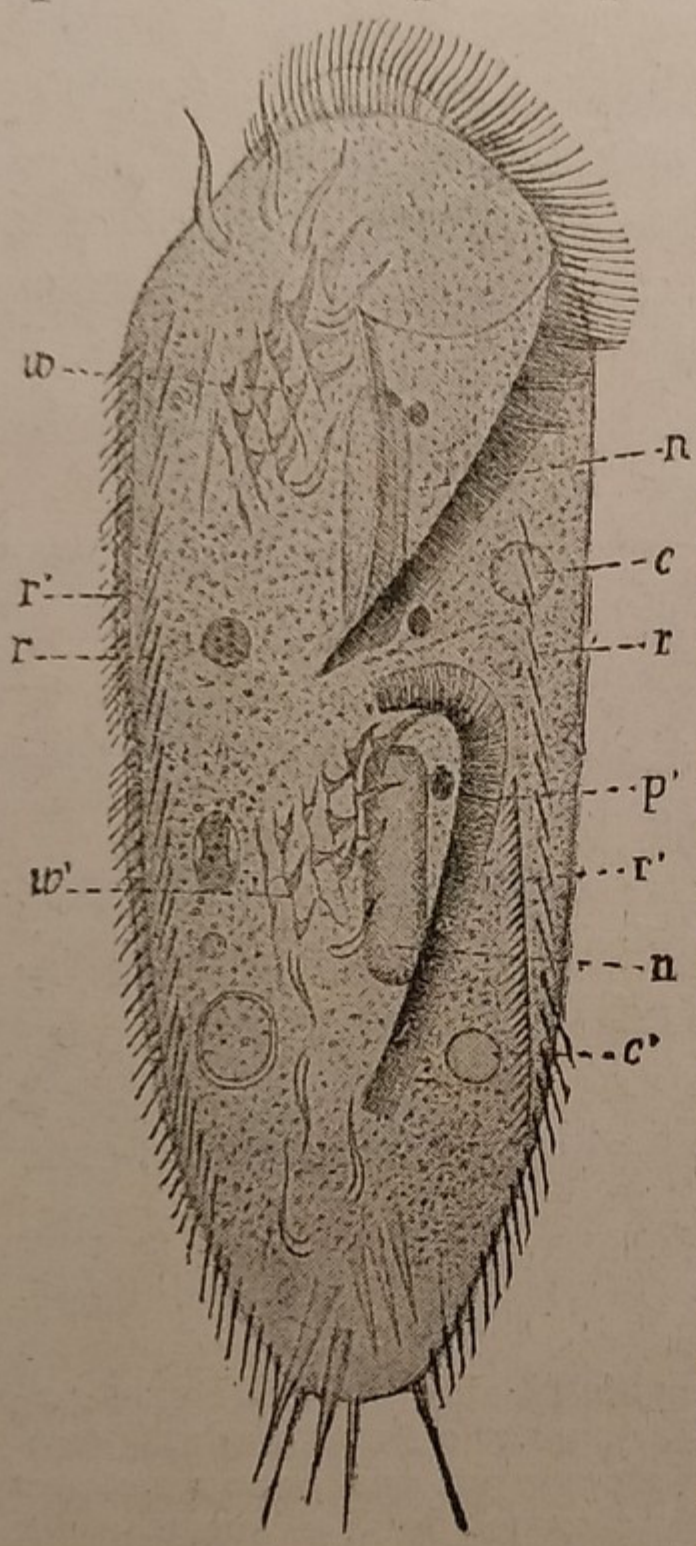


Fig. 65.

Come nelle piante, anche negli animali la riproduzione può essere: 1.° *agamica* o *assessuale*, 2.° *eterogamica* ossia *sessuale* ossia *oogenica* (1.ª, § 104). La prima può avvenire in tre modi: per *scissione*, per *gemme*, per *germi*.

a) *Riproduzione scissipara.* — Essa ha luogo quando l'animale si divide in due parti, ciascuna delle quali diventa un nuovo individuo, simile al progenitore. Questo modo di riproduzione si osserva solo negli animali inferiori più semplici, per es., negli infusori (v. § 125, figg. 65 e 146)

b) *Riproduzione gemmipara.* — Essa avviene quando sul corpo di un animale si forma un bottoncino (paragonabile alle gemme delle piante), che si sviluppa trasformandosi a poco a poco in un nuovo individuo, il quale talvolta si stacca dall'animale progenitore, e vive vita libera ed indipendente; altre volte, invece, rimane unito ad esso, e ciò accade specialmente quando tra i

65. — Stylonichia mytilus in scissione (secondo Stein): *e*, vacuolo contrattile; — *n*, macronucleo con micronucleo; — *p*, spirale adorale di ciglia; — *r*, ciglia marginali; — *w*, creste cigliate (Le lettere contrassegnate all'alto con lineetta si riferiscono alla parte posteriore).

vrebbe introdurre nel proprio organismo un eccesso nocivo di idrati di carbonio per avere la quantità appena sufficiente di albuminoidi; e l'inconveniente opposto accadrebbe a chi volesse nutrirsi di sola carne. Invece la razione giornaliera normale di un uomo, che lavora dovrebbe essere di 800 a 1000 grammi di pane e di 250 a 300 gr. di carne. Tuttavia il pane e la carne possono essere sostituiti da alimenti chimicamente equivalenti.

due individui c'è una notevole differenza di forma. La riproduzione gemmipara è più diffusa della scissipara, ma è pure limitata ai soli animali inferiori (Vermi, Celenterati e Protozoi). La fig. 66 rappresenta una Sincorina (affine al genere Medusa), portante delle gemme in differenti stadi di sviluppo.

Fig. 66.

c) Riproduzione germipara o *sporificazione.* — È propria degli animali infimi, e consiste in ciò che nell'interno d'un animale si producono cellule o germi, i quali si sviluppano, dando luogo a nuovi individui, senza bisogno di fecondazione, come si verifica per le spore delle piante crittogame. Ce ne offrono esempi alcuni Protozoi (fig. 67). Talvolta, però, la formazione dei germi è preceduta dalla *coniugazione* (fig. 146 al § 125), cioè avviene che due individui unicellulari simili si uniscono, coprendosi di un involucro comune (detto *ciste*), dentro il quale si generano molte cellule germinative, che si trasformano in altrettanti individui

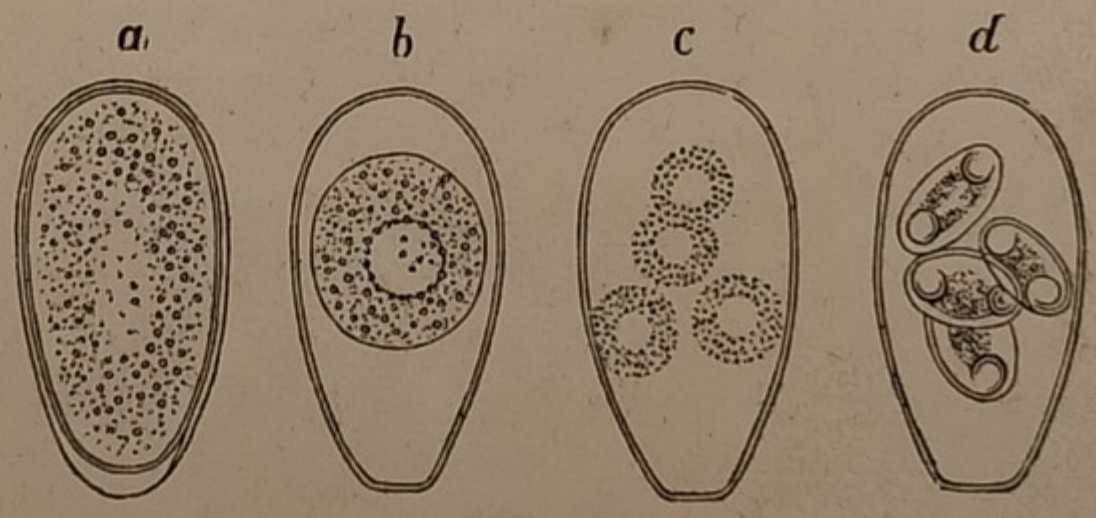


Fig. 67.

66. — Una Sincorina che si riproduce per gemme: — I. in *a, b, c, d, e,* si vedono diverse gemme ossia piccole meduse a vario grado di sviluppo; — II, una di queste meduse staccata e nuotante; — *a,* punto pel quale stava attaccata alla Sincorina che l'ha generata; — *b,* bocca.

67. — Coccidium oviforme (classe delle gregarine) tolto dal fegato di Coniglio; — *c, d,* stadî di sporificazione (da Leuckart).

liberi e simili ai progenitori. Questo modo di riproduzione trova un riscontro nella riproduzione per *coniugazione* di talune piante crittogame (1.ª, § 141).

Come si vede, tutti e tre questi modi di riproduzione non richiedono il concorso di due cellule riproduttrici di diversa natura; e per questo diconsi *agamiche o monogeniche* od *asessuali*. Quando invece questo concorso è necessario, la riproduzione dicesi *eterogamica* o *digenica* ossia *sessuale*.

62. **Riproduzione sessuale**. — Essa si compie per mezzo di due apparati organici speciali, che caratterizzano l'uno il sesso femminile e l'altro il sesso maschile degli animali (1). Il primo apparato è formato essenzialmente da una ghiandola *(ovario)*, la quale è destinata a produrre cellule speciali dette *uova*, paragonabili per l'ufficio agli ovuli, che vedemmo esistere nell'ovario dei fiori. Il secondo consta pure essenzialmente di una ghiandola destinata a produrre cellule più piccole, paragonabili pel loro uffizio ai granelli pollinici. È necessario che una di queste cellule maschili si unisca colla cellula-uovo, prodotta dal primo apparato, onde questa diventi capace di svilupparsi in un uovo individuo, simile al progenitore. Questa unione si chiama, come nelle piante, *fecondazione*.

Ci sono, però, animali (per es., la Filossera della vite), i quali, oltre a moltiplicarsi per uova fecondate, in alcune fasi della loro esistenza, depongono uova atte a svilupparsi in nuovi individui, senza la fecondazione. Questo fatto si chiama *partenogenesi*.

La riproduzione sessuale manca nei Protozoi: ma esiste in quasi tutti gli altri animali, compresi alcuni di quelli, che si moltiplicano per riproduzione agamica, i quali presentano quindi ambedue i modi di moltiplicazione (Meduse, Tenia, ecc.).

63. **Struttura dell'uovo**. — L'uovo animale (fig. 68) è una cellula isolata, costituita da una *membrana vitellina*, che rappresenta la membrana cellulare, e da un contenuto detto *tuorlo* o *vitello*, che rappresenta il protoplasma, nel quale esiste una *vescicola germinativa* (che è il *nucleo*), ed uno o più corpuscoli, detti *macchiette germinative* (che sono i *nucleoli*).

(1) Questi apparati, nella generalità degli animali, si sviluppano separatamente in individui diversi, determinando la divisione di tutti gl'individui d'una stessa specie in due sessi distinti. Ma vi sono pure animali, chiamati *ermafroditi*, perchè in essi ambedue gli apparati necessari per la riproduzione digenica esistono sopra un medesimo individuo. L'*ermafroditismo* finora si è constatato soltanto negli animali inferiori, cioè in molti Vermi e Molluschi (come, per es., nelle ostriche); e tra *vertebrati* si è osservato solo in pochissime specie di Pesci.

64. **Animali vivipari od ovipari.** — L'uovo può svilupparsi completamente nell'interno dell'individuo progenitore a spese del nutrimento fornito direttamente da quest'ultimo, ed allora la prole nasce viva, come avviene in tutti i Mammiferi; ovvero può essere deposto prima di compiere il suo sviluppo, come accade negli Uccelli. Nel primo caso, la riproduzione dicesi *vivipara,* nel secondo, *ovipara* (1).

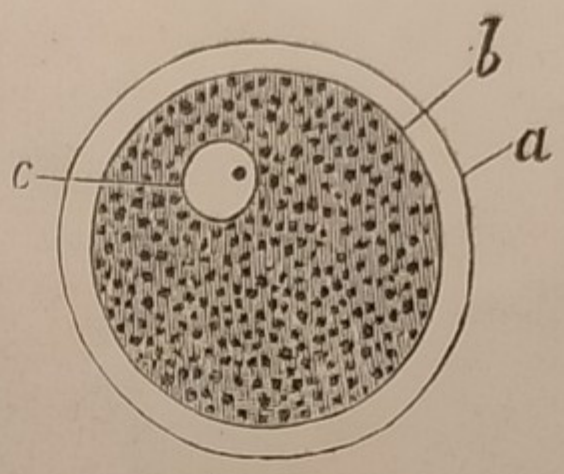


Fig. 68.

Negli animali ovipari, l'uovo è fornito di una quantità più o meno grande di materie nutritive, destinate ad alimentare il piccolo animale nella prima fase della propria esistenza, cioè finchè si trova nell'uovo. Citerò, come esempio, l'uovo degli uccelli (fig. 69), il quale presenta un guscio calcareo, a cui segue la membrana testacea e poi l'*albume* (bianco dell'uovo) ed il *tuorlo* (o rosso dell'uovo, formato da una miscela di albumina e caseina), alla superficie del quale si vede una macchietta più chiara del rimanente, detta *cicatricola* o *vescicola germinativa,* che è la parte più importante, perchè contiene la *cellula ovarica*, che deve trasformarsi nel nuovo individuo; mentre l'albume ed il tuorlo non sono che la materia destinata a nutrirlo.

La membrana testacea si sdoppia verso la parte più ingrossata dell'uovo per formare la *camera d'aria*, che serve per la prima respirazione dell'uccello.

65. **Periodo embriogenico.** — Quando l'uovo fecondato comincia a svilupparsi per dare un nuovo individuo, prende il nome di *embrione.* Il *periodo embriogenico* comincia colla *segmentazione* della cellula ovarica, cioè colla divisione di tutto o di parte del vitello in due, poi in quattro, in otto, in sedici, in trentadue, ecc. cellule. Così si genera una specie di sfera cava, con parete formata da un solo strato di cellule e chiamata *blastofera* o *blastula,* dalla quale poi deriva la così detta *gastrula,* che è un organismo formato da due strati di cellule (*epiblasto* o ectoderma, ed *ipoblasto* o endoderma), che comprendono una cavità detta *intestino primitivo,* che comunica coll'esterno, mediante un foro (fig. 70, *C*). Infine, tra l'epiblasto e l'ipoblasto, compare un terzo strato, chiamato *mesoblasto* o mesoderma. Da questi tre strati derivano poi tutti i vari tes-

86. Uovo di animale mammifero: — *a*, membrana vitellina; — *b*, vitello o protoplasma; — *c*, nucleo con una macchietta germinativa (nucleolo).

(1) I rettili sono ovipari, ma alcuni di essi (la vipera, p. es.), depongono l'uovo già sviluppato, sicchè appena deposto si schiude: tali animali diconsi *ovovivipari.*

suti dell'animale (1). Durante il periodo embrionale, compaiono organi transitorî, destinati alla nutrizione e alla protezione dell'embrione. Tali organi sono la *vescicola ombelicale*, l'*amnios* e l'*allantoide*. La prima nei mammiferi scompare pron-

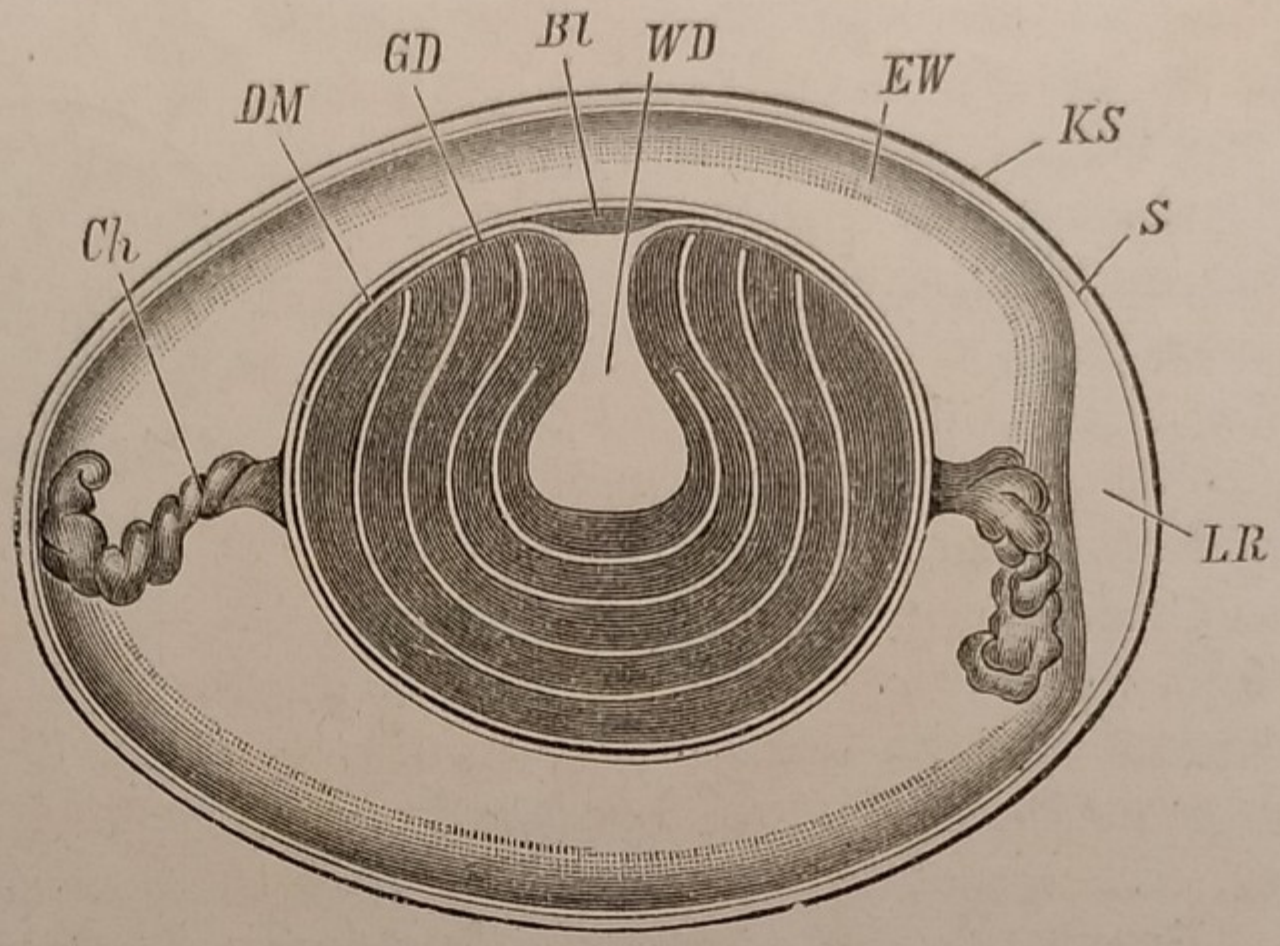


Fig. 69.

tamente, mentre nei pesci, anche dopo la nascita, perdura sospesa sotto il ventre. L'amnios, e l'allantoide sono due mem-

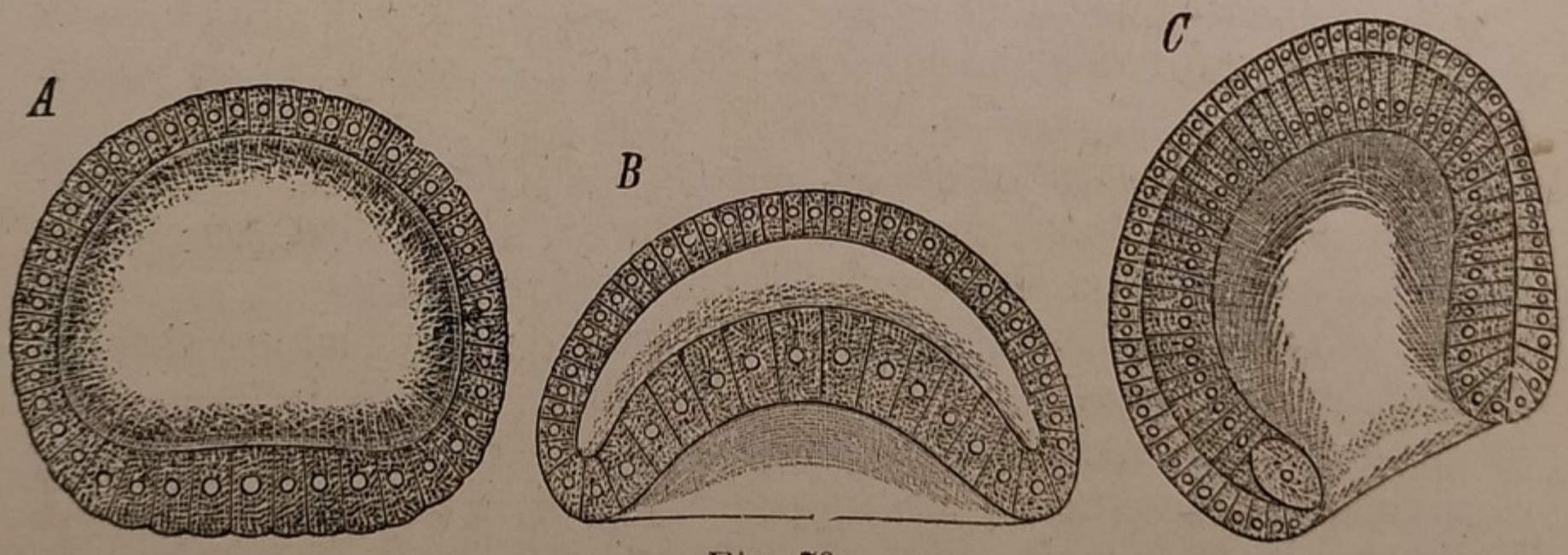


Fig. 70.

brane che avvolgono l'embrione nei vertebrati superiori. La prima, più interna, è priva di vasi sanguigni, la seconda ne e ricchissima, e da essa nei mammiferi, si produce la *placenta*,

69. — Sezione schematica d'un uovo di gallina: — *KS*, guscio; — *S*, membrana testacea o anista; *LR*, camera d'aria; — *Bl*, vescicola germinativa; — *EW*, albume; — *DM*, membrana vitellina; — *Ch*, calaze; — *WD*, parte centrale del tuorlo più bianca; — *GD*, parte periferica più gialla.

70. *A*, blastofera di *Amphioxus*; — *B*, blastofera in via di introflettersi; — *C*, gastrula (da Hatschek).

(1) Dall'ectoderma deriva il sistema nervoso e l'epidermide; dal mesoderma derivano i muscoli, lo scheletro, i tessuti connettivi; dall'endoderma hanno origine l'epitelio del tubo digerente e tutte le glandole annesse.

che mette in rapporto il feto coll'individuo progenitore, da cui riceve l'alimento. Vedremo che i caratteri embriogenici sono di grande importanza nella classificazione degli animali (vedi Cap. V).

66. **Covatura ed allattamento.** — Le uova degli animali ovipari per svilupparsi hanno bisogno di un certo grado di calore. Perciò alcuni animali depongono le uova sulle sabbie esposte al sole, altri nei letamai, dove c'è sviluppo di calore; gli uccelli, infine, li riscaldano coll'*incubatura* o *covatura*.

Tra gli animali, tanto vivipari che ovipari, alcuni nascono già atti a procurarsi da sè l'alimento (e diconsi *prole atta*): altri, invece, hanno bisogno che i progenitori glielo procurino. A questa seconda classe appartengono quegli uccelli, che imbeccano per un certo tempo i loro piccoli, e tutti i Mammiferi che alimentano la prole col latte secreto dalle mammelle, le quali contengono delle ghiandole a grappolo *(gl. mammarie)*, formate da un gran numero di lobuli, i cui condotti escretori si riuniscono e poi si aprono all'esterno per uno o più orifizî. Il latte è un liquido molto ricco di sostanze nutritive; tra cui le principali sono: lo *zucchero di latte* che al contatto dell'aria si trasforma rapidamente in *acido lattico*, causando la coagulazione spontanea del latte; la *caseina*, sostanza albuminoide, che si coagula per l'azione degli acidi (1.ª, § 6); *diversi grassi*, che si presentano allo stato di minutissime gocciolette, circondate da un involucro di sostanza albuminoide; infine, alcune materie saline, cioè cloruro di sodio, fosfato e carbonato di calcio.

2. Metamorfosi, Metagenesi e Polimorfismo

67. **Metamorfosi.** — Molti animali, fino dalla nascita sono simili, per la struttura di tutti gli organi, ai progenitori. Altri, invece, nascono con forme molto differenti da quelle dei progenitori, a cui non diventano simili se non dopo aver subite nel loro organismo, modificazioni più o meno profonde. Nel primo caso si dice che lo *sviluppo è diretto*, nel secondo, che avviene *con metamorfosi*.

Gli animali con metamorfosi si chiamano *larve*, nei primi stadî della loro esistenza, ossia finchè non hanno assunto la struttura e la forma propria dell'animale adulto e perfetto.

La metamorfosi dicesi *completa* se consiste in una profonda modificazione di molti organi, con tre stadî, che negli insetti si chiamano: *larva*, *crisalide ed insetto perfetto*, come si ve-

rifica nel Bombice del gelso; ed *incompleta*, se essa consiste in sole modificazioni nella forma di pochi organi, mancando lo stadio di crisalide, come avviene nei Grilli.

Ordinariamente la metamorfosi è *progressiva*, cioè l'animale trasformandosi, acquista un'organizzazione sempre più elevata; ma in alcuni animali (come nelle Ascidie, § 124) la metamorfosi è *regressiva*.

68. **Metamorfosi dei vertebrati.** — Tra i vertebrati non si osservano metamorfosi nei Mammiferi, negli Uccelli e nei Rettili; esse, invece, si verificano in tutti gli Anfibii ed in poche

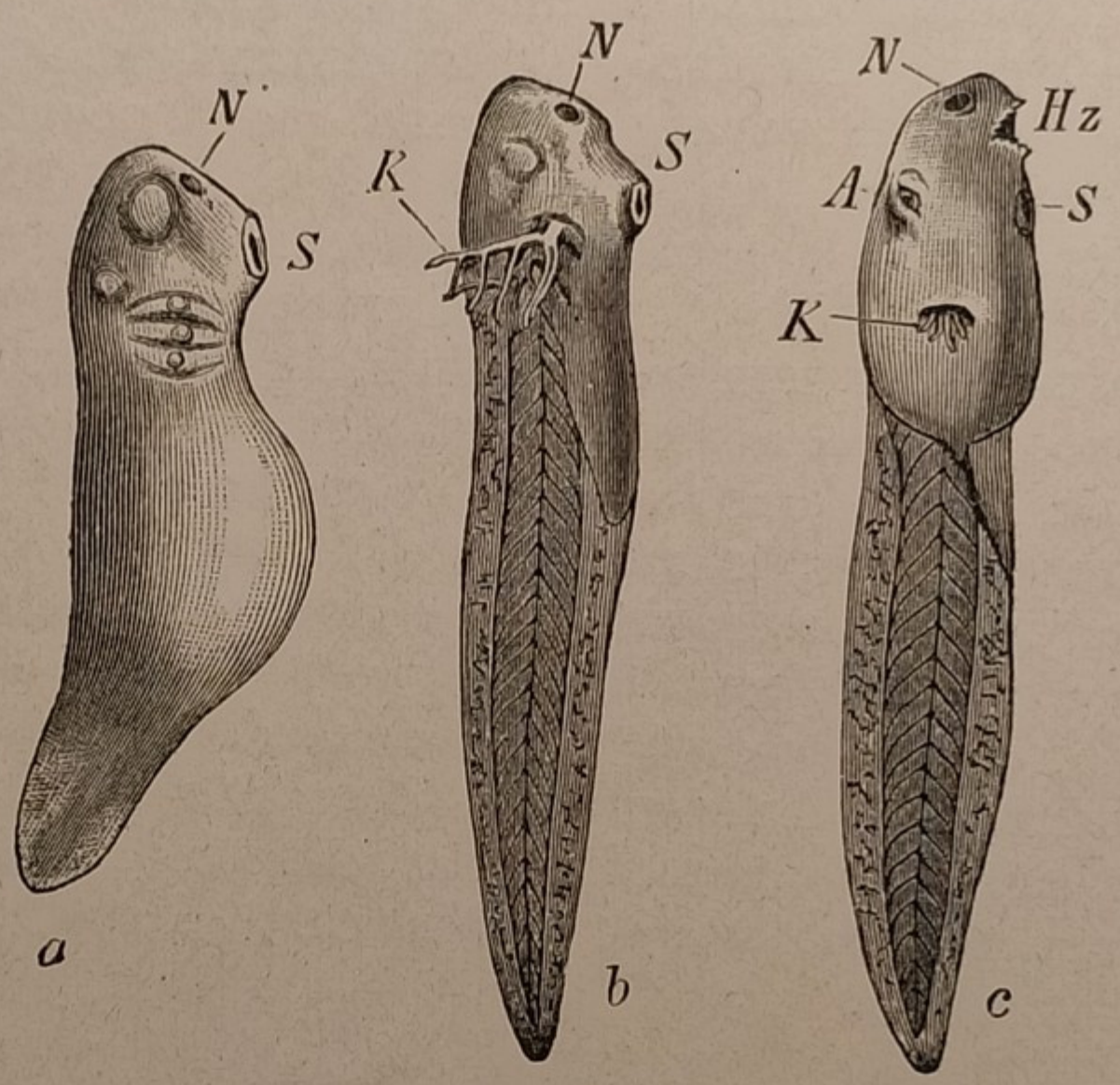


Fig. 71.

specie di pesci (per es., la Lampreda). Ecco, per esempio, come avviene lo sviluppo della Rana comune.

Dall'uovo nasce un animaletto molto simile ad un pesciolino, sebbene sprovvisto di pinne (figg. 71 e 72), come i pesci, ha cuore venoso a due cavità (§ 44) e branchie per la respirazione acquatica, le quali prima sono esterne, ed hanno la forma di due ciuffetti, situati ai lati della parte anteriore del corpo (fig. 71, *K*), e poi scompaiono, formandosene altre ancora lateralmente alla testa, ma sotto la pelle, in una cavità che comunica colla bocca. Ha una lunga coda e mascelle costituite da lamine cornee.

71. — Larva di Rana (da Ecker); *a*, embrione un po' prima della nascita; — *b* e *c*, larve più sviluppate; — *N*, fosse nasali; — *K*, branchie; — *A*, occhio; — *Hz*, astuccio corneo boccale; — *S*, fossa adesiva.

In questo stadio di larva l'animale chiamasi *girino* o *cazzuola*. Dopo un certo tempo il girino mette le zampe posteriori, poi quelle anteriori (fig. 72 *b* e *c*). Intanto la coda si raccorcia (fig. 72 *d*), si atrofizzano le branche interne e si formano al loro posto i polmoni, l'orecchietta del cuore si sdoppia e si formano le arterie e le vene polmonari, sicchè la circolazione diventa doppia ed incompleta, come nei Rettili (§ 44). L'apparato della riproduzione ovipara, già esistente nel girino allo stato rudimentale, prende il suo completo sviluppo. Infine la coda scompare del tutto (fig. 72 *e*). Dopo tutti questi cambiamenti, la metamorfosi è compiuta, l'animale è divenuto simile ai suoi progenitori ed atto alla riproduzione.

In tutti gli *Anfibi anuri*, ossia senza coda, la metamorfosi

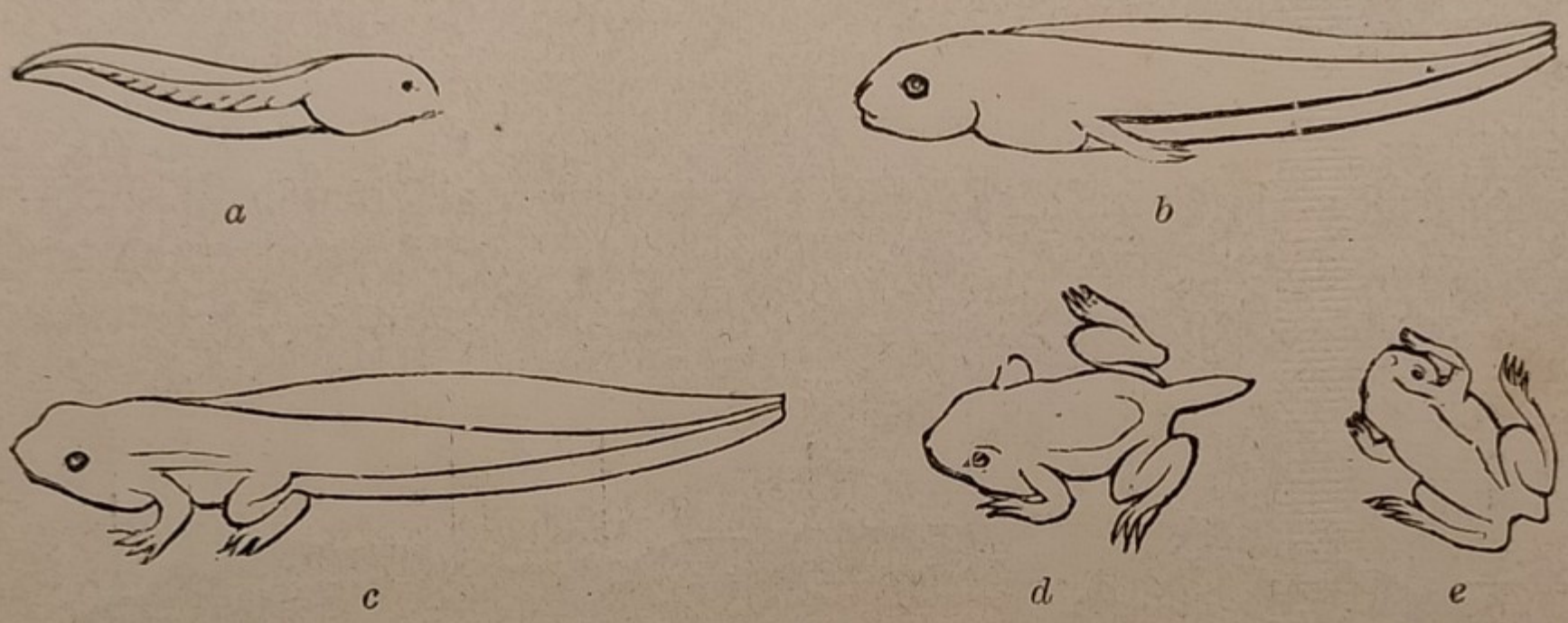


Fig. 72.

è molto simile a quella della Rana, negli altri Anfibi, invece, essa è meno completa: in alcuni, per esempio, la coda rimane anche nell'animale adulto (*Anfibi urodeli*, es. Salamandre), in altri restano anche le branchie insieme ai polmoni (*Anfibi perennibranchi*, es. Proteo).

69. **Metamorfosi degli invertebrati**. — Negli invertebrati lo sviluppo con metamorfosi è molto più comune che nei vertebrati. Il maggior numero degli insetti presentano metamorfosi simili a quelle del *Bombice del gelso* o *Baco da seta*. Dall'uovo nasce un animale, che rassomiglia molto ad un verme e si chiama *larva o bruco* (fig. 73). In esso gli organi dei sensi e della locomotività sono pochissimo sviluppati e quelli della riproduzione mancano affatto; attivissima invece è la vita nutritiva e la bocca è armata di robuste mascelle. L'animale mangia moltissimo, ingrossa assai, immagazzinando una grande quan-

72. — Metamorfosi della Rana: *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, diversi stadi successivi.

tità di grasso sotto alla cute: fa quattro *mute*, che consistono nel cambiamento della pelle chitinosa. Come si vede nella fig. 74 l'interno di un bruco è quasi totalmente occupato dal tubo digerente. Questo stato di larva dura per le diverse specie di insetti un tempo variabilissimo, cioè da pochi giorni (circa 30 per il baco da seta) fino a parecchi anni (il maggiolino vi dura tre anni; una specie di Cicala fino a diciassette anni). La figura 74 rappresenta la larva di una Sfinge (genere di Lepidottero), e può anche dare un'idea della struttura del bruco del Baco da seta, e, in genere, delle larve dei Lepidotteri notturni, che sono molto somiglianti tra di loro. Il grasso, che l'insetto

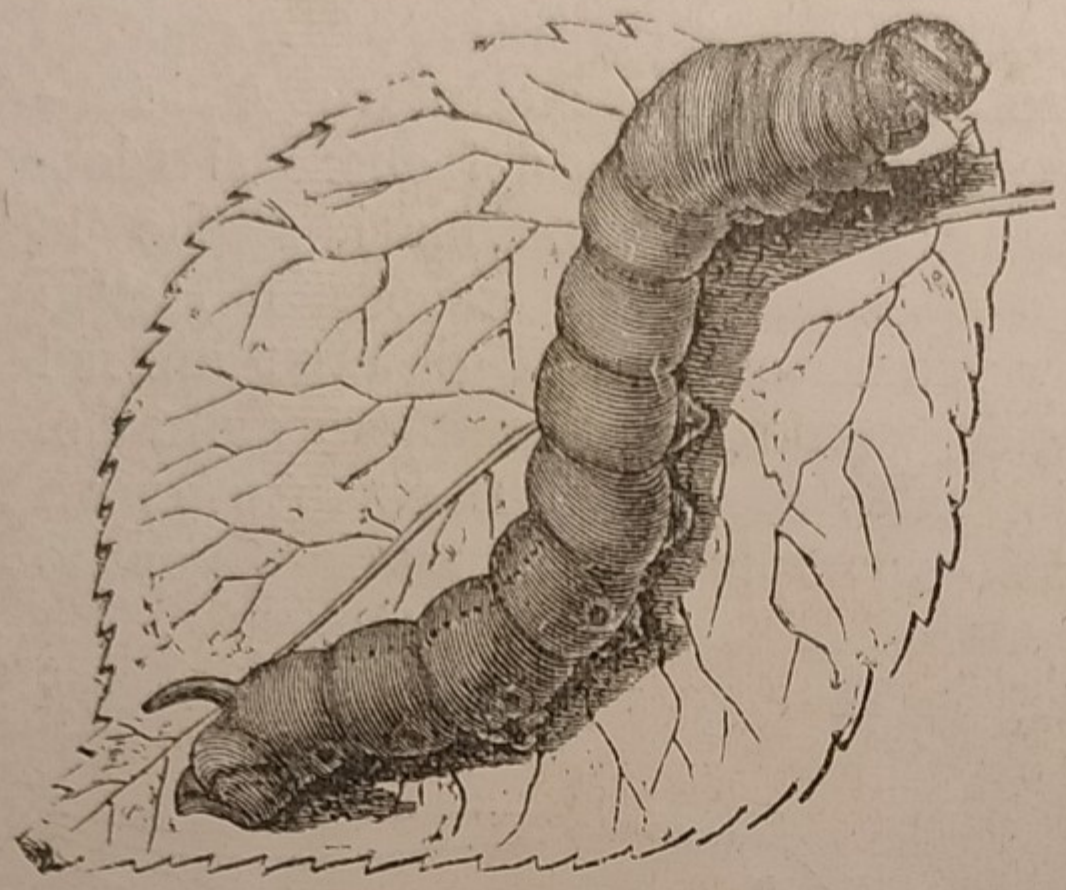


Fig. 73.

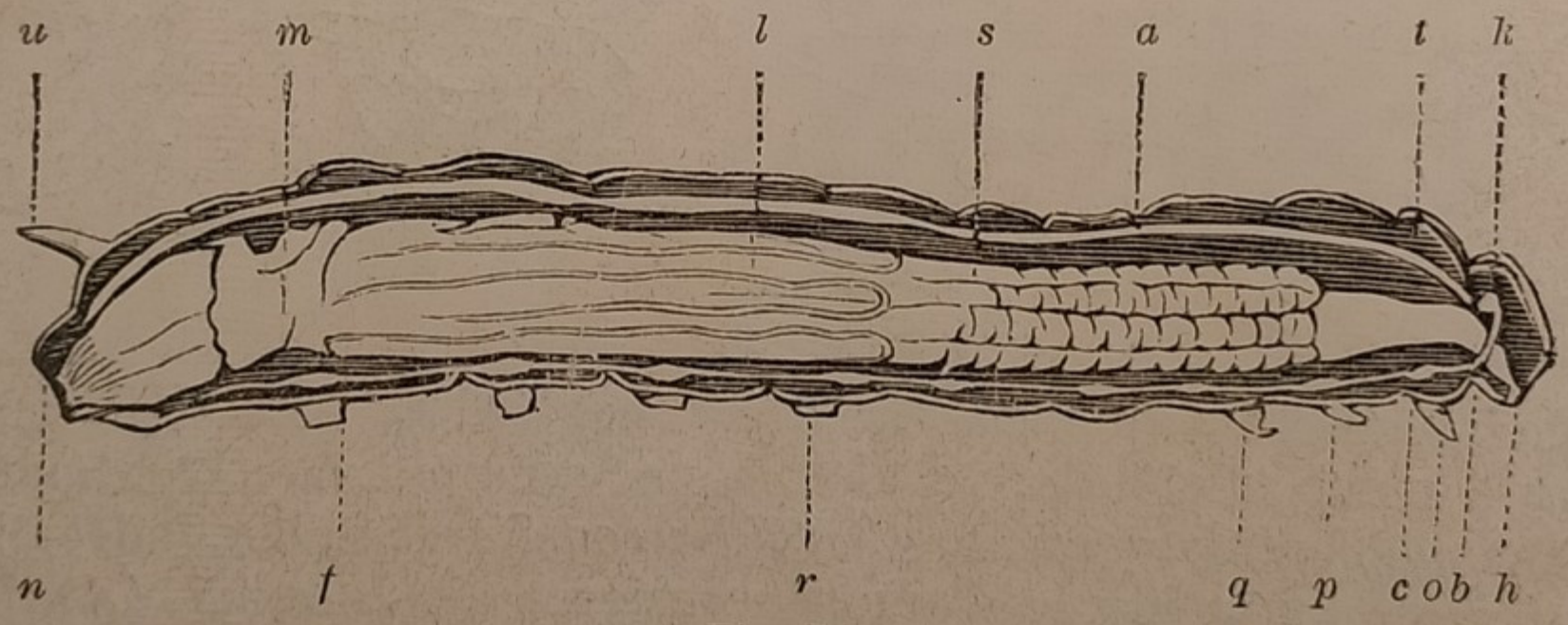


Fig. 74.

accumula allo stato di bruco, viene poi consumato negli stadi di crisalide e di insetto perfetto, nei quali l'animale non prende nessuno o pochissimo alimento.

Dallo stato di larva o bruco, l'insetto passa ad un secondo stadio transitorio, detto di *ninfa* o *crisalide* o *pupa* (fig. 75).

73. — Larva del baco da seta.

74. — Anatomia della larva della Sfinge del Ligustro: — *k*, ganglio cefalico che fa da cervello; — *h*, bocca; — *b*, anello nervoso che circonda l'esofago; — *c*, primo ganglio della catena ganglionare, collocata sotto il tubo digerente; — *s*, stomaco; — *l*, intestino e vasi biliari; — *m*, intestino crasso; — *n*, ano; — *o*, *p*, *q*, primo, secondo e terzo paio di zampe; — *r* e *f*, zampe membranose proprie della larva; — *a*, vaso dorsale; — *t*, primo anello del torace; *u*, cornetto sovrastante all'estremità dell'addome.

Il bruco, giunto il tempo di trasformarsi, si forma — in modo vario e con materie diversissime, secondo la specie — un involucro (detto *bozzolo*) (fig. 76), in cui si chiude; ovvero si sospende per mezzo di fili (es., Maccaone), o si nasconde in qualche foro. Non si muove, non prende cibo. Si atrofizzano e scompaiono a poco a poco gli organi larvali e appaiono quelli proprio dell'insetto adulto. Quando questa trasformazione è compiuta, l'animale abbandona il bozzolo o il ricovero e così passa allo stadio di *insetto perfetto* o *immagine* (fig. 77). In questo stadio, gli organi della vita di relazione (ali, arti, antenne, ecc.), sono perfettamente sviluppati; quelli della nutrizione, invece, sono molto ridotti e talvolta atrofizzati quando l'insetto perfetto non mangia, come avviene del Bombice del gelso. Infine, durante la metamorfosi, gli organi della riproduzione (ovipara) raggiungono il loro completo sviluppo.

Fig. 75.

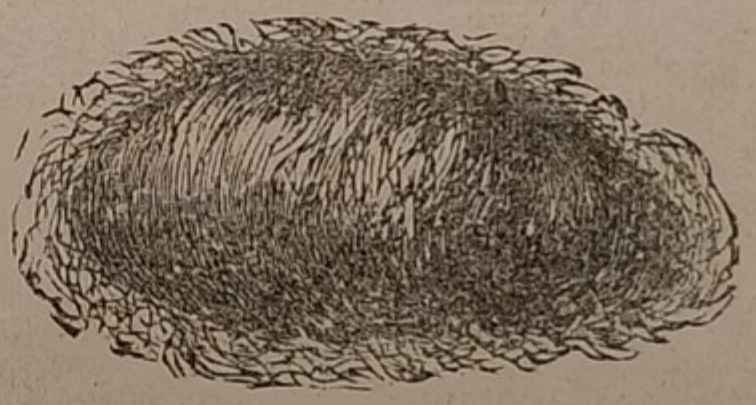


Fig. 76.

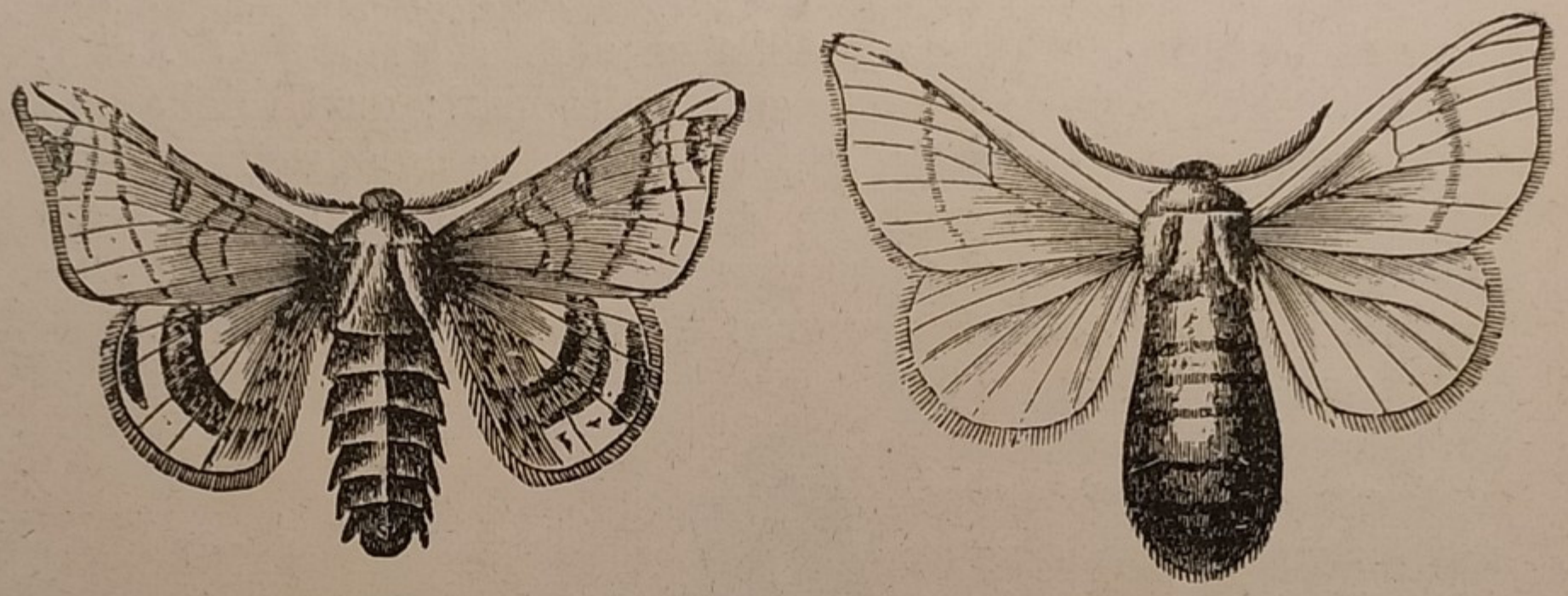
Il bozzolo, pel quale il Bombice del gelso torna tanto utile all'uomo, è formato da un filo tessile (*seta*) preparato dai *seritterî* che sono due ghiandole tubulari, che scernono un liquido speciale, il quale, appena viene in contatto coll'aria, si solidifica e forma un filo, ora giallo, ora bianco, ora verdognolo. I condotti escretori dei seritterî mettono foce alla *filiera,* la quale si apre all'esterno appena sotto la bocca dell'animale (figura 74 *h*). Il bombice del gelso rimane nel bozzolo circa venti giorni, e poi, per uscirne, *(sfarfallare),* ne inumidisce una estremità, con un liquido speciale, che emette dall'apertura anale, ed urta fortemente il capo contro la parte così rammollita. Anche molti altri Lepidotteri (specialmente le Saturnie), fanno il bozzolo con una materia tessile, che è molto simile alla seta.

Tutti gli insetti che presentano una metamorfosi completa, come quella descritta, si chiamano *olometaboli:* tali sono i Coleotteri, i Neurotteri, gli Imenotteri, i Lepidotteri ed i Ditteri. La Cavolaia, per esempio, presenta una larva ed una crisalide molto simile a quella del Bombice del gelso. Esistono però due ordini di insetti, cioè gli Ortotteri e i Rincoti, detti

75. — Crisalide del bombice del Gelso.
76. — Bozzolo del bombice del Gelso.

emimetaboli, nei quali la metamorfosi è *incompleta* perchè manca lo stato di crisalide e dall'uovo nasce una larva già molto somigliante al progenitore, sebbene priva di ali e di organi di riproduzione. Così avviene, per esempio, nello sviluppo dei Grilli, delle Locuste, delle Forbicine (fig. 78), ecc. Finalmente vi sono alcuni pochi insetti (es., il Pidocchio), che non presentano nessuna metamorfosi *(ametaboli).*

Non solo gli Insetti, ma anche la maggior parte dei Vermi



Maschio. Femmina.

Fig. 77.

e dei Raggiati, si sviluppano con metamorfosi più o meno complicate.

70. **Generazione alternante (metagenesi).** — Le Meduse sono formate da un disco gelatinoso. Al centro della faccia inferiore si apre la bocca, attorno alla quale, come pure al margine del disco, vi sono fili o tentacoli, con cui l'animale nuota e prende l'alimento (fig. 79). Ciò premesso, ecco come avviene lo sviluppo delle Meduse.

Fig. 78.

L'animale adulto si riproduce per uova: ma da queste uova nasce un animaletto ciliato, detto *planula,* di forma ovoidale, che somiglia ad un infusorio e nuota liberamente nell'acqua (fig. 80 *b*). Questa larva, dopo un certo tempo, si fissa a qualche scoglio od altro corpo esistente in mare, e prende la forma di una campanella rovesciata, munita di tentacoli, rassomigliante a quella di un polipo (fig. 80, *c*): questa seconda larva polipiforme, detta *scifistoma,* presto si moltiplica per gemmazione terminale, dando luogo ad uno *strobilo,* cioè ad una pila di *efire* ossia di individui polipiformi

77. — Bombice del Gelso o Filugello *(Bombyx mori).* Animale adulto.
78. — Larva di Forbicina.

(fig. 80 *d*, *e*), i quali poi col tempo si staccano dalla colonia, e, divenuti liberi, prendono la forma di Meduse perfette, atte a riprodursi per uova.

Concludiamo che nello sviluppo delle Meduse ci sono le metamorfosi, come negli insetti; ma, mentre in questi animali la facoltà di riprodursi è riservata al solo animale perfetto, nelle Meduse, invece, si riproducono anche le larve, e lo fanno per via agamica, mentre l'animale perfetto si moltiplica per uova. Dunque, nello sviluppo di questi animali, si succedono alternativamente individui a riproduzione agamica e individui a riproduzione ovipara. Questo modo di sviluppo si chiama *metagenesi* o *generazione alternante*. Nello sviluppo, sia diretto, sia con metamorfosi, è il medesimo individuo che passa per le diverse fasi evolutive, dall'uovo all'animale perfetto. Invece quando vi ha la generazione alternante, il ciclo di sviluppo della specie non termina collo sviluppo di un solo individuo, ma comprende la vita di due o più generazioni provenienti l'una dall'altra.

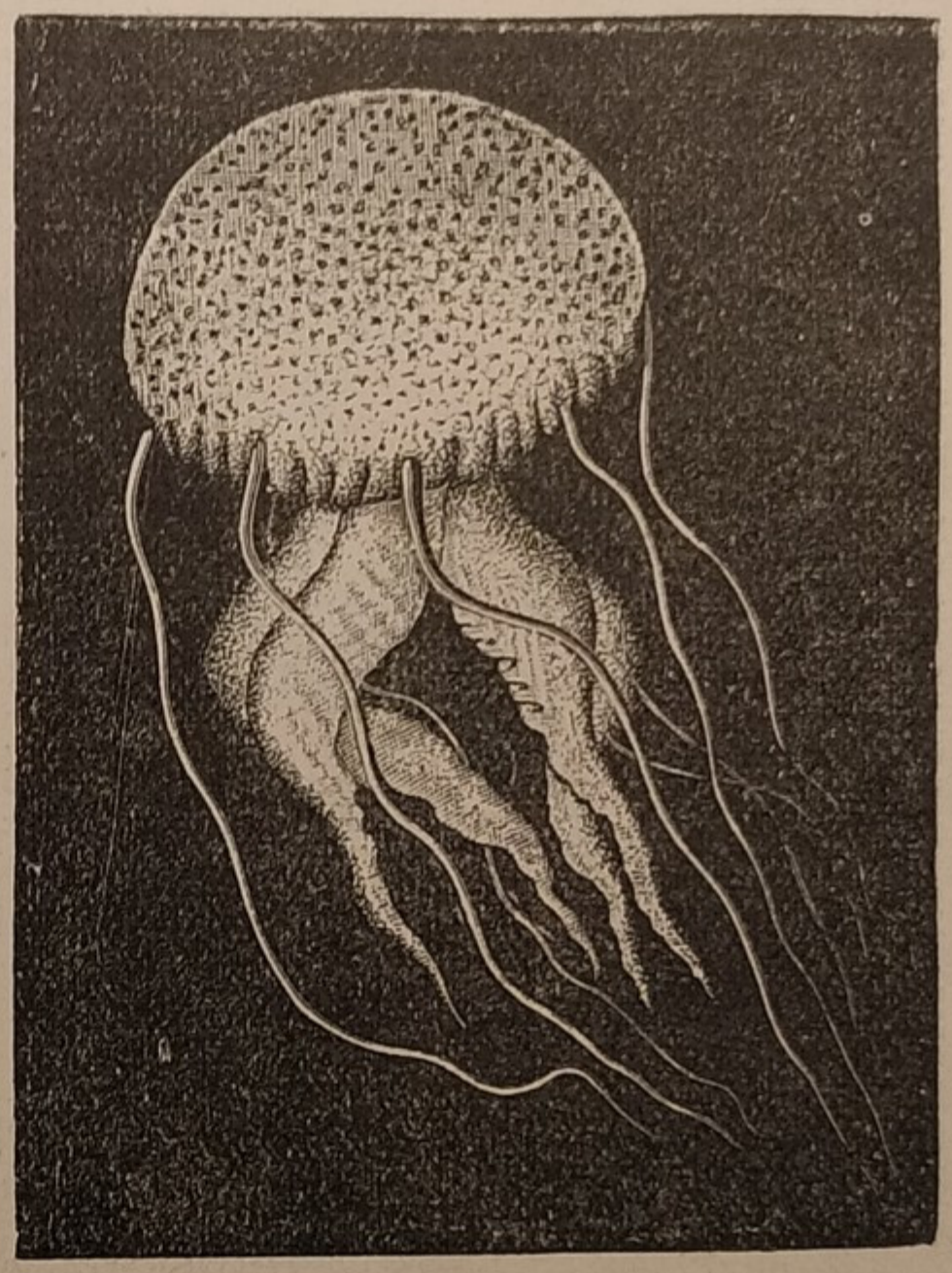


Fig. 79.

Presentano le generazioni alternanti molti Celenterati e molti Vermi. Citerò tra questi ultimi, il *Verme solitario (Taenia solium)*, che vive parassita nell'intestino dell'uomo e può raggiungere la lunghezza di alcuni metri. Esso ha la forma di un lungo nastro, costituito di tanti anelli, e in tale stato si chiama *strobilo* (fig. 81). Questo nastro è una colonia di tanti individui quanti sono gli anelli, e questi individui sono di due specie. Il primo, cioè quello che si trova all'estremità più sottile del Tenia (fig. 81, *a*), differisce dagli altri per la forma

79. — Una medusa del genere Pelagia.

tondeggiante e per essere armato di quattro ventose e di una doppia corona di uncinetti (fig. 82). Questo primo anello si chiama *scolice* o *capo della Tenia*. Tutti gli altri anelli sono piatti, si rassomigliano tra di loro e prendono il nome di *proglottidi*. Il *capo della Tenia* si fissa per una estremità alla parete dell'intestino, in cui vive succhiandone gli umori, e per l'altra estremità genera, per gemmazione, un gran numero di anelli (proglottidi), i quali quindi sono tanto più vecchi e più sviluppati, quanto sono più lontani dal primo anello. Questi anelli rappresentano altrettanti individui ermafroditi (§ 62 *nota*), cioè atti a generare, da soli, uova fecondate. Le proglottidi, quando si staccano dalla colonia e vengono espulse dal

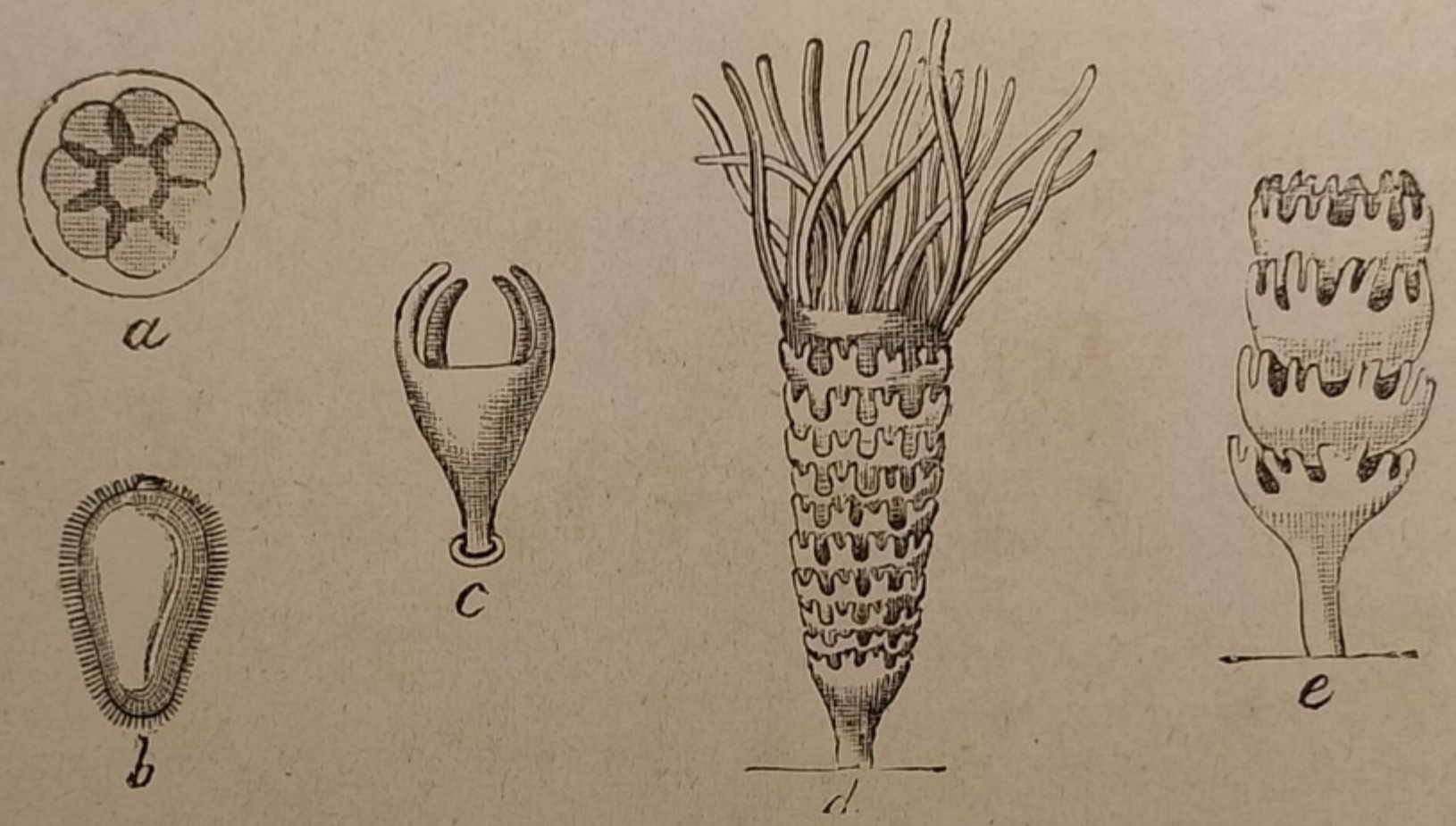


Fig. 80.

corpo dell'ospite, muoiono e lasciano libere le uova (fig. 83), le quali non si sviluppano se non introdotte nel ventricolo d'un animale erbivoro od onnivoro, che in generale è il Maiale. Se vi arrivano, ciascun uovo dà origine ad un animale, a forma di vescichetta, che si annida specialmente nei muscoli del Maiale e si chiama *Cisticerco della cellulosa*, causando la malattia, detta *gragnola* o *panicatura* (fig. 84). Questo verme cistico produce per gemmazione lo *scolice*, ossia il *capo della Tenia*, il quale, però, non genera gli anelli se non quando emigra nell' intestino dell'uomo, ove produce una colonia di proglottidi: e così si chiude il ciclo di sviluppo della specie. Si hanno, dunque, in questo caso, *metamorfosi, generazione*

80. — Diversi stadi di sviluppo della Medusa aurita; *a*, uovo; — *b*, larva con forme di infusorio; — *c*, larva polipiforme giovane; — *d*, *e*, gruppo di individui strobilo) prodotti per gemmazione da una larva polipiforme.

alternante ed *emigrazione*. I nomi di *cisticerco*, di *scolice*, di *proglottidi* e di *strobilo* si usano per indicare anche negli altri Entozoi le fasi di sviluppo corrispondenti a quelle descritte per la Tenia.

71. **Sviluppo per eterogonia.** — Negli animali a generazione alternante in generale la riproduzione agamica si alterna colla riproduzione sessuale come avviene nella Tenia. Ma si conoscono animali nei quali lo sviluppo consiste in ciò che essi in due fasi diverse della loro esistenza si moltiplicano per riproduzione sessuale (es., alcuni vermi ed i Chermes, che sono un genere di Afidi), ovvero in una fase si moltiplicano per riproduzione sessuale ed in un'altra per partenogenesi (§ 62). Questo modo di sviluppo si chiama *eterogonia*, e lo possiamo osservare, per esempio, nella Filossera della vite *(Phylloxera vastatrix)* (fig. 85); infatti, d'autunno questo insetto abita le foglie, e privo d'ali, ha sessi distinti, e ciascuna femmina depone un uovo fecondato, detto *uovo d'inverno*. Queste uova, nella primavera successiva, si sviluppano, dando soltanto femmine, che abitano le radici della vite, sono prive d'ali, e danno per partenogenesi una seconda generazione di femmine, simili alle prime e che pure si riproducono per uova non fecondate. E così si ripetono altre

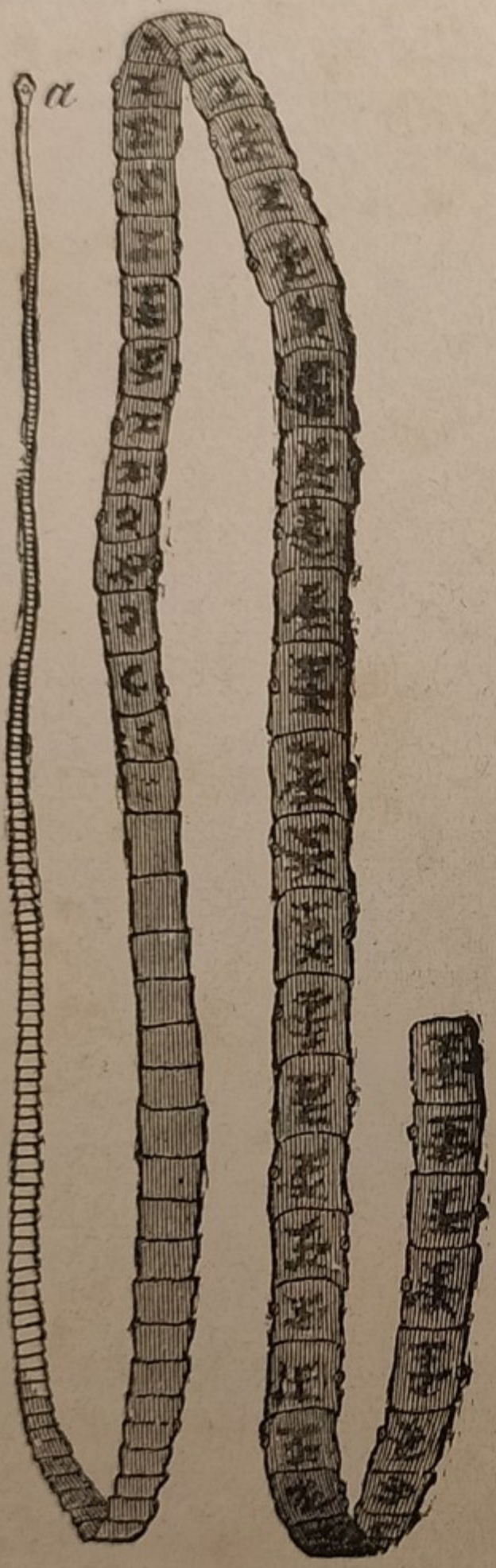


Fig. 81.

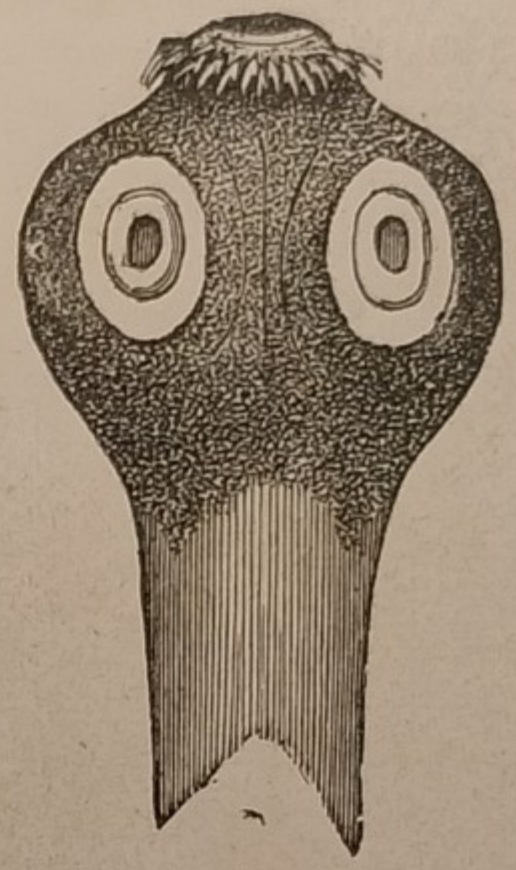


Fig. 82.

Fig. 83.

81. — Verme solitario *(Taenia solium)*: — *a*, primo anello o capo (scolice).
82. — Testa del verme solitario (ingrandita).
83. — Uovo di Verme solitario (molto ingrandito).

generazioni simili partenogenetiche, fino all'autunno, quando un'ultima generazione di femmine subisce una profonda trasformazione, diviene alata e va ad abitare le foglie, dove genera, ancora per partenogenesi, individui non alati, maschi e femmine; e così ricomincia il ciclo di sviluppo della specie.

72. **Polimorfismo.** — In molti Vermi ed in molti Celenterati gli individui prodotti per gemmazione dalla larva agamica (lo *scolice*) rimangono attaccati ad essa e formano una *colonia* (lo *strobilo*), composto di organismi diversi per struttura e per funzioni i quali pure tenendo una certa indipendenza,

Fig. 84.

operano, però tutti a comune vantaggio della colonia. Tali colonie si chiamano *polimorfe*, e la generazione alternante in questo caso prende il nome di *polimorfismo*. Un bell'esempio di polimorfismo ci offrono diversi Idrozoi (es. *Sifonofore* e *Physofore*, fig. 86). Questi animali sono formati da un lungo filo, sottile e cavo, ad una estremità del quale esiste un organo colla forma di vescica (fig. 86) che serve come galleggiante e viene detto *pneumatoforo*. Lungo il filo si sviluppano diversi individui, alcuni muniti soltanto di organi per la digestione e di fili per la pesca *(individui nutritivi)*, altri

84. — Carne di porco molto panicata, ossia contenente molti Cisticerchi della cellulosa.

solo di organi della riproduzione (*individui riproduttori*), altri solo di organi di difesa o di nuoto (*individui nuotatori*), ecc., individui, insomma, diversi fra loro per forma o per funzione, ma tutti cooperanti armonicamente a mantenere la vita della colonia.

Anche il *Verme solitario* ci offre un esempio di polimorfismo, essendo formato da individui di diversa struttura (la testa e le proglottidi).

73. **Eterogenia.** — Alcuni, tra cui il Pouchet e il Joly, ritengono che gli Infusorî ed altri organismi semplici, che si formano in tutte le materie organiche in decomposizione, non abbiano origine da organismi simili preesistenti, ma dalla immediata combinazione delle sostanze chimiche, di cui risultano; e chiamano *eterogenia* o *generazione spontanea* questo modo di formarsi degli organismi più semplici. Altri però (tra cui, Pasteur, Tyndall e T. Parker), appoggiati a fatti meglio accertati ed a più accurate esperienze, non ammettono la formazione di organismi per eterogenia (1).

74. **Fecondità.** — Si può ritenere che, in generale, la fecondità, sia in ragione inversa dell' elevatezza degli animali (2). Tra i mammiferi, è maggiore negli erbivori che nei carnivori, ed è massima nelle specie più piccole (Rosicanti). Tra i vertebrati, è massima nei Pesci. Leuwenhoech, per es., ha trovato, in un Baccalà (*Morrhua callarias*), circa 9 milioni di uova.

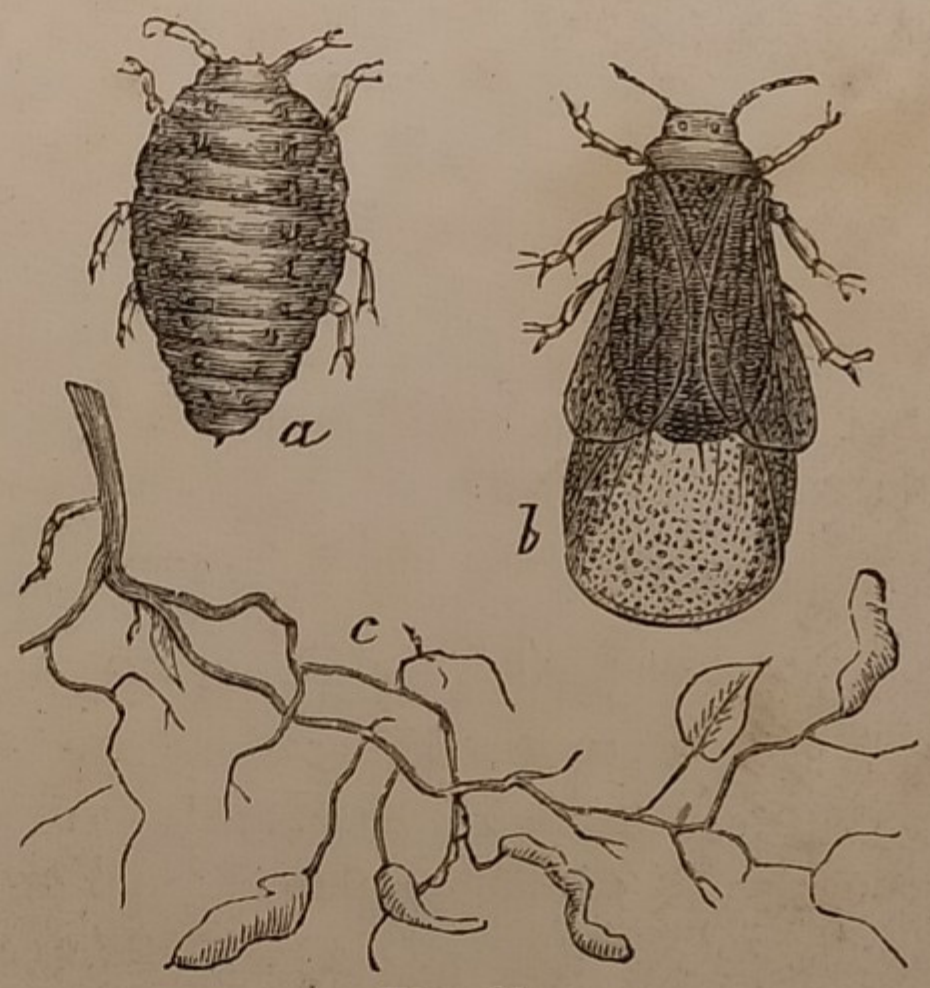


Fig. 85.

85. — *a* e *b*, Fillossera attera ed alata; — *c*, radice di Vite attaccata dalla Fillossera.

(1) Pasteur dimostrò con delicatissime e ripetute esperienze che, se si scalda una soluzione contenente zucchero e sostanze albuminoidi (le quali ordinariamente danno luogo alla produzione degli infusori), e poi nel recipiente chiuso ermeticamente si fa penetrare dell'aria, passata attraverso un tubo riscaldato al calor rosso, non avviene in tale soluzione nessuna produzione di esseri viventi, perchè col calore si sono fatti morire tutti i germi. Tyndall e Parker hanno confermato con proprie esperienze i risultati di Pasteur (H. Milne Edwards, *Phisiologie*, t. VII, p. 265 e t. XIV, pag. 258).

(2) È questa una evidente disposizione provvidenziale, perchè nella lotta tra specie e specie, quelle deboli ed inferiori non vengano facilmente distrutte da quelle superiori, più forti.

In genere poi la fecondità è molto maggiore negli Invertebrati che nei Vertebrati. Basta citare alcuni insetti, come sono gli Afidi, la Fillossera, le Termiti, ecc., e molti Raggiati come le Meduse, le Madrepore, ecc., i quali si moltiplicano tutti in diversi modi e molto rapidamente. Secondo De Filippi, da un solo uovo di Afide possono avere origine, in un anno, un quintilione di individui. Ecco perchè è tanto difficile arrestare la propagazione della Fillossera, che appartiene appunto a questa famiglia d'insetti.

IV

Funzioni di relazione.

75. **Definizioni.** — La sensibilità ed il movimento spontaneo si chiamano *funzioni animali*, perchè sono proprie soltanto degli animali, e *funzioni di relazione*, perchè sono destinate a mettere l'animale in comunicazione cogli altri animali ed in genere col mondo esterno.

Queste funzioni servono direttamente od indirettamente al compimento delle funzioni di nutrizione e di riproduzione, e, nell'uomo, anche allo sviluppo ed alla estrinsecazione della vita intellettiva.

1. Sistema nervoso

76. **Parti del sistema nervoso e loro ufficio.** — Si chiama *sistema nervoso* l'insieme dei gangli e dei nervi che esistono in un animale (§ 8). Nell'uomo esistono due *sistemi nervosi*, uno detto *cerebro-spinale* e l'altro *gran simpatico*, ciascuno dei quali risulta da *una parte centrale* ganglionare e da una parte *periferica*, formata da nervi (fig. 87).

Il tessuto nervoso ha un'azione *eccitatrice*, necessaria per determinare l'attività di tutti gli organi di un animale, ma specialmente di quelli della sensitività e del movimento.

Ed invero i muscoli dell'organismo animale non si contraggono se non sono stimolati dall'azione dei nervi ed in tutti gli organi dei sensi la parte più essenziale è sempre un nervo. I nervi poi non possono agire se non sono in comunicazione coi gangli (§ 8). In altre parole: l'eccitamento, che determina una contrazione muscolare, e quindi un movimento, parte sempre da un ganglio e viene comunicato al muscolo per mezzo di un nervo: e similmente le impressioni fatte dagli agenti esterni sugli organi dei sensi, perchè siano percepite, devono essere comunicate ad un ganglio per mezzo dei nervi.

I gangli dunque funzionano da *centri senzienti* e da *centri motori*, ossia le loro cellule hanno la *eccitabilità* sensitiva e quella motrice; i nervi invece non hanno che un'azione conduttrice, la quale ora serve a condurre dai centri alla periferia gli eccitamenti muscolari — e si chiama *conduttività centrifuga* — ora invece serve a trasmettere ai centri nervosi le impressioni fatte dagli agenti esterni sugli organi dei sensi — e questa si chiama *conduttività centripeta*. In generale, un nervo possiede solo l'una o solo l'altra conduttività. Se è dotato della prima si chiama *nervo motore od efferente;* se è dotato della seconda, dicesi nervo *sensitivo od afferente.*

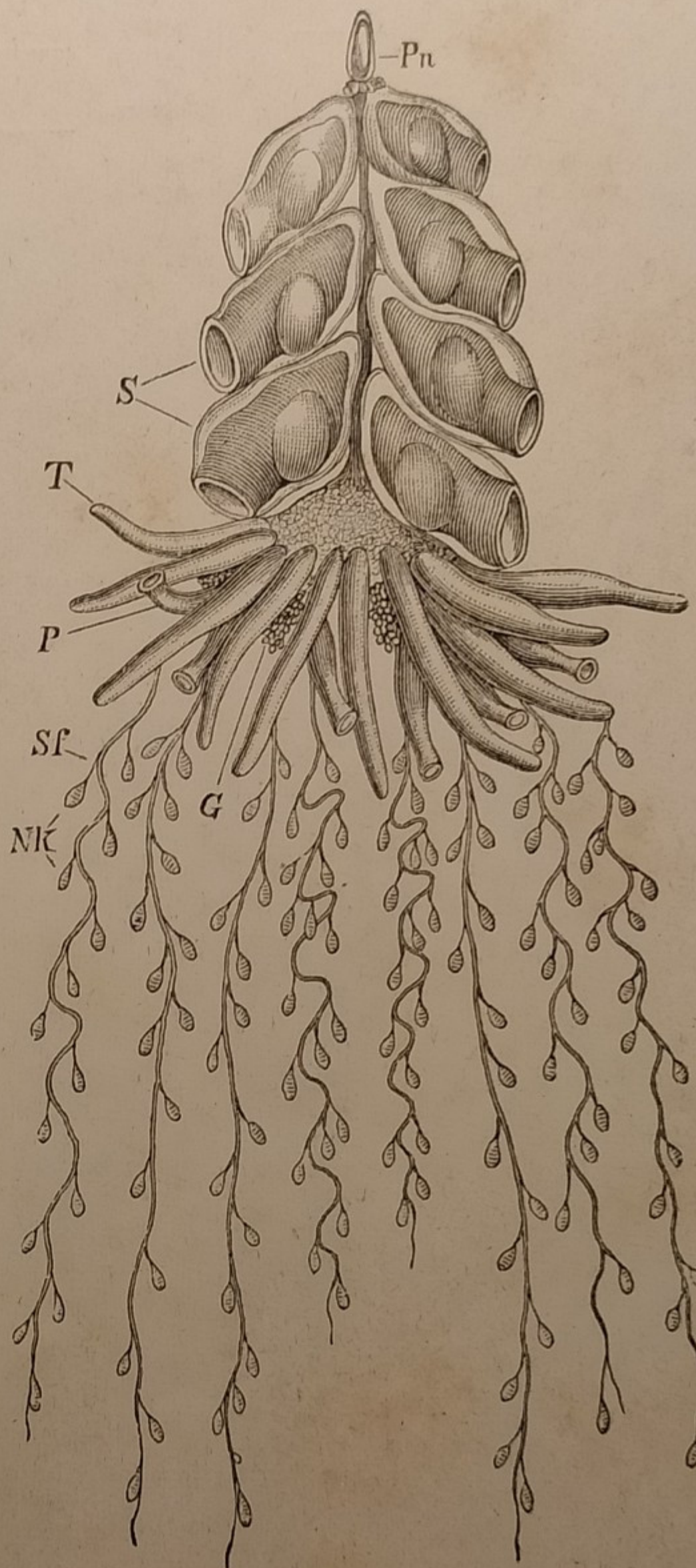


Fig. 86.

Però vi sono anche *nervi misti* cioè formati da fibre centripete e centrifughe (es.: nervo trigemino dell'encefalo e tutti i nervi spinali). Infine esistono fibre nervose speciali centrifughe, dette *secretorie* o *trofiche* (da τρέφω, nutrire), le quali regolano l'attività delle ghiandole e del ricambio nutritivo.

86. — *Phisophora hydrostatica;* — *Pn,* pneumatoforo; — *S,* campane natanti; — *T,* tentacolo; — *P,* polipo gastrico con fili pescanti *(Sf)*; — *Nk,* bottoni orticanti; — *G,* individui riproduttivi.

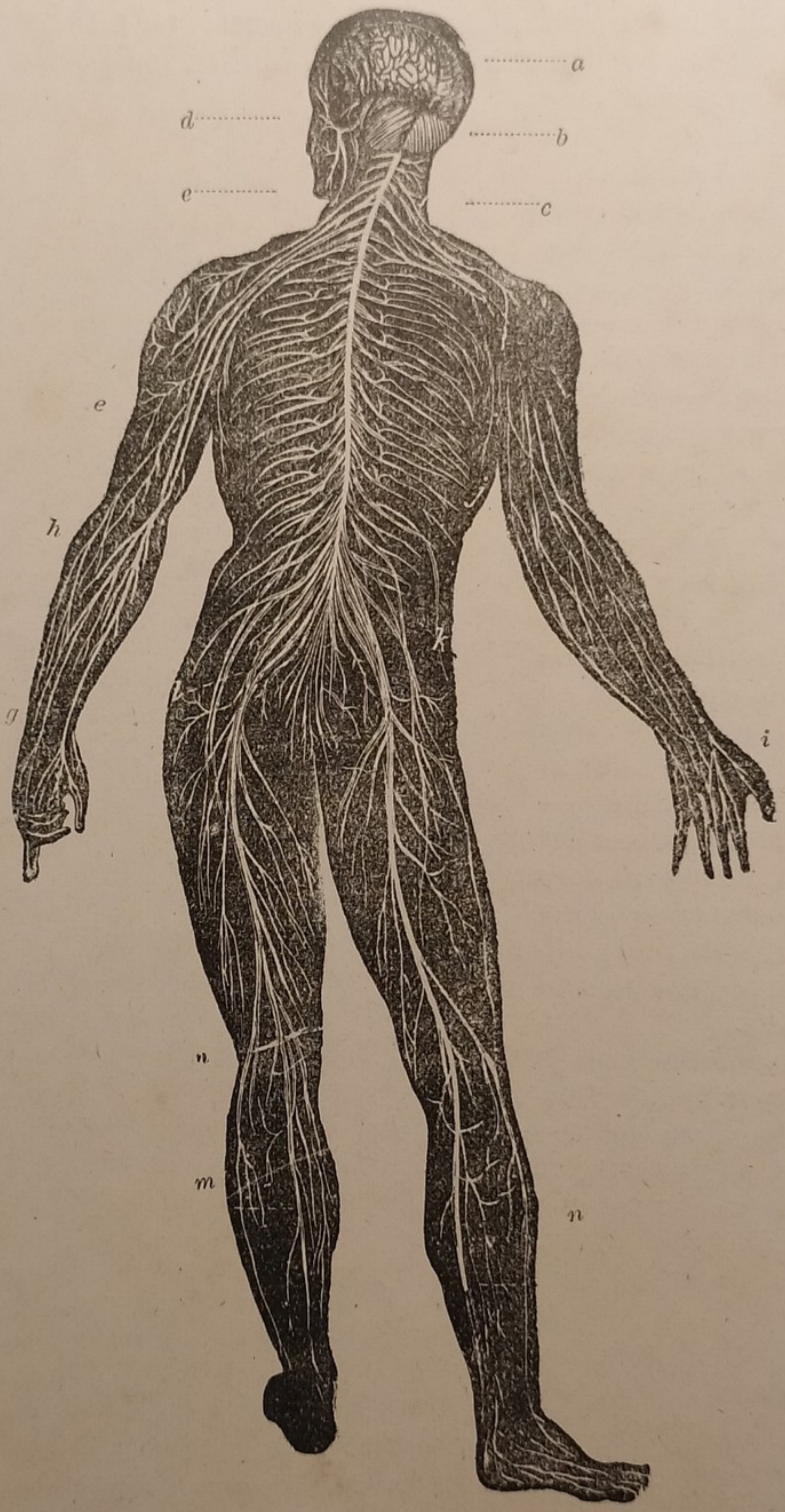


Fig. 87.

87. — Sistema nervoso cerebro-spinale dell'uomo: — *a*, cervello; *b*, cervelletto; — *c*, midollo spinale; — *d*, nervo facciale; — *e*, plesso brachiale; — *f*, nervo

77. **Parte centrale del sistema cerebro-spinale.** — La parte centrale di questo sistema si chiama *asse cerebro-spinale* e risulta di quattro parti principali, che sono: il *cervello*, il *cervelletto*, il *midollo allungato* ed il *midollo spinale*. Le prime tre parti sono contenute nella cassa ossea del cranio e si chiamano, insieme con altre di minore importanza, collettivamente *encefalo* (fig. 88); il midollo spinale è contenuto nel canale vertebrale (§ 102).

L'asse cerebro-spinale, essendo un organo tanto delicato e tanto importante, venne provvidenzialmente munito di molti

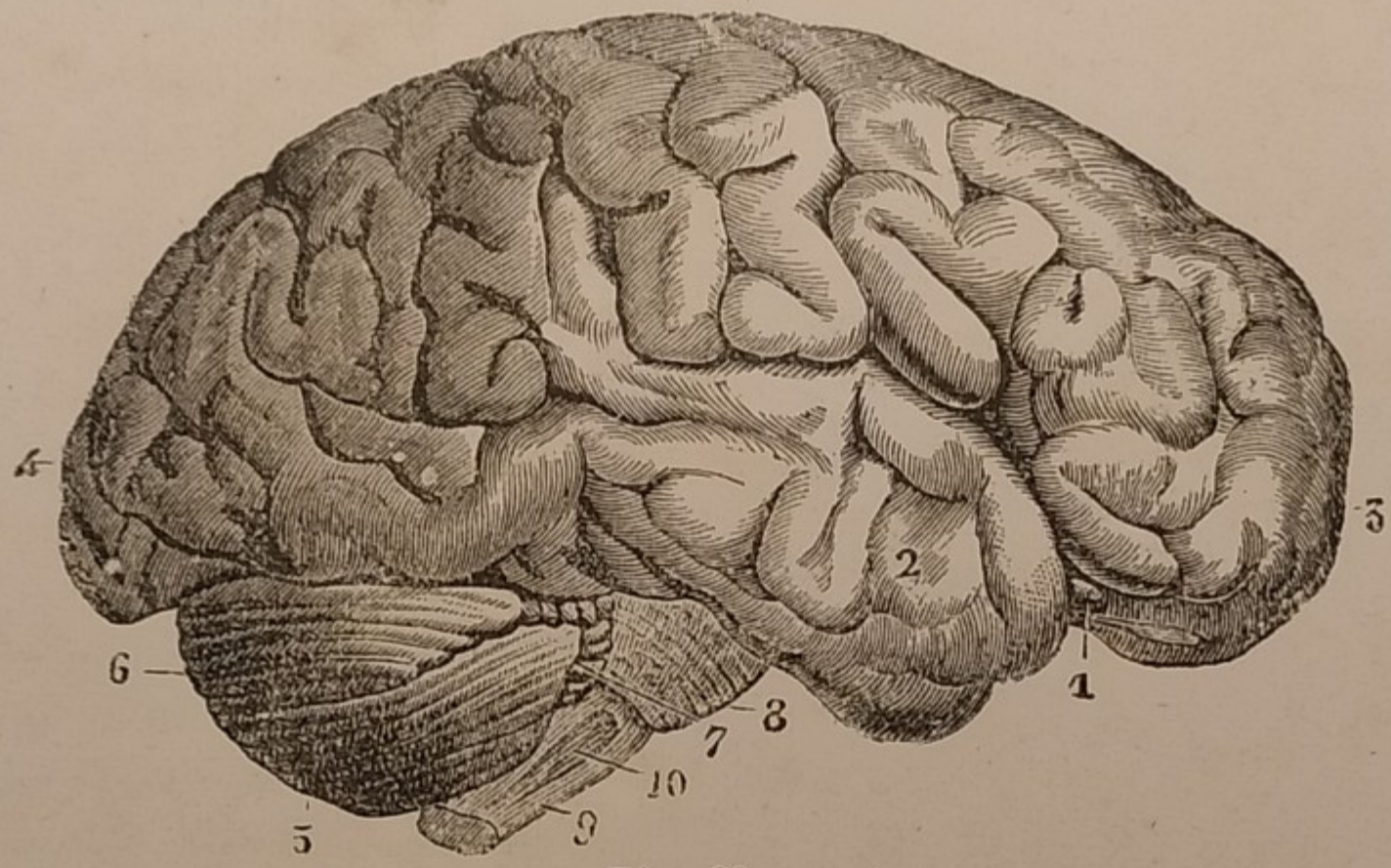


Fig. 88.

organi di difesa. Esso non è solo protetto dalle ossa del cranio e dalla colonna vertebrale, ma anche da tre membrane, dette *meningi*, che sono: 1.° la più esterna e robusta, di tessuto connettivo-fibroso — detta *dura madre;* 2.° quella di mezzo, connettiva e sierosa — detta *aracnoidea;* 3.° la più delicata e più interna, destinata a portare i vasi sanguigni nell'interno del tessuto nerveo, chiamata *pia madre.*

Infine, tra la pia madre e l'aracnoidea, tanto nel cranio come nel canale vertebrale, esiste un liquido trasparente e lim-

mediano, del braccio: — *g*, nervo cubitale; — *h*, nervo cutaneo interno del braccio; — *i*, nervo radiale e nervo muscolo-cutaneo del braccio; — *j*, nervo intercostale; — *k*, plesso femorale; — *l*, plesso ischiatico, che dà origine al nervo principale delle estremità inferiori, il quale si suddivide poi nel nervo tibiale *m*, nel nervo peroneo esterno *n*, nel nervo safeno esterno, ecc.

88. — Superficie laterale del cervello: — 1, scissura di Silvio, che divide il lobo anteriore del cervello da quello temporale e medio; 2, lobo temporale; 3, lobo anteriore o frontale; 4, lobo occipitale o posteriore; 5, cervelletto; 6 scissura media del cervelletto; 7, protuberanza anulare o ponte di Varolio; 8, bulbo rachideo o midollo allungato; 10, eminenze olivari.

pido (detto liquido *cefalo rachidiano*), che difende l'asse cerebro-spinale dalle pressioni e dalle commozioni troppo violente.

L'asse cerebro-spinale consta di due sostanze nervee, denominate, dal loro colore, *sostanza grigia* e *sostanza bianca*. La prima risulta quasi interamente da cellule ganglionari, la seconda, invece, da fibre affatto simili a quelle dei nervi (§ 8, figg. 20-22). Nell'encefalo la sostanza grigia costituisce la parte superficiale o corticale; quella bianca, invece, ne forma la parte interna. Nel midollo spinale le due sostanze sono disposte inversamente, trovandosi la sostanza bianca alla superficie e quella grigia nell'interno.

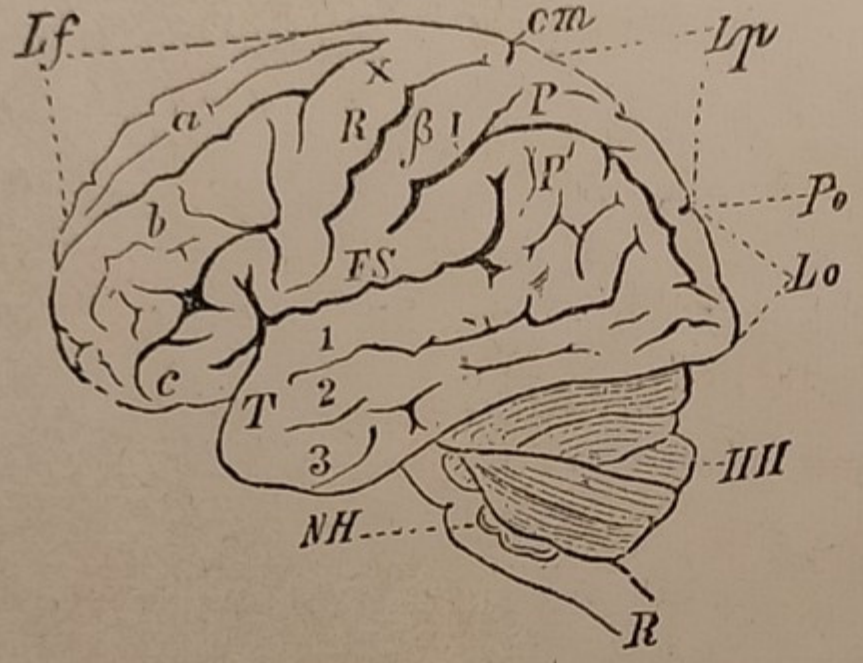


Fig. 89.

Il cervello (figg. 88-91) nell'uomo è la parte più voluminosa dell'encefalo ed occupa tutta la regione anteriore e superiore del cranio, in modo da ricoprire anche tutto il cervelletto. Esso è diviso da un solco mediano (*scissura interemisferica*) in due metà, dette *emisferi cerebrali*, e ciascun emisfero è poi suddiviso, per mezzo di solchi trasversali, in quattro *lobi*, denominati, dalla loro posizione, lobo *frontale* o anteriore, *Lf* (fig. 89); lobo *parietale* o medio, *Lp*; lobo *occipitale* o posteriore, *Lo*; infine lobo *temporale* o laterale, *T*. Due profondi solchi, uno detto scissura di Silvio, *FS*, divide il lobo frontale da quello temporale, e l'altro di Rolando, *R*, divide il lobo frontale da quello parietale; il quale è poi separato dal lobo occipitale per mezzo del solco parieto-occipitale, *Po*. Le altre lettere della fig. 89 indicano le diverse *circonvoluzioni cerebrali*, che sono eminenze tortuose o ripiegature incise da solchi sinuosi nella parte corticale del cervello, costituita da sostanza gangliare grigia. Evidentemente queste circonvolu-

89. — Circonvoluzioni cerebrali dell'uomo (da Ecker): — *Lf*, lobo frontale; — *Lp*, parietale; — *Lo*, occipitale; — *T*, lobo temporale; — *a*, *b*, *c*, circonvoluzione frontale superiore, mediana ed esterna; — *X*, *BI*, circonvoluzione centrale anteriore e posteriore, divise dal solco di Rolando *(R)*; — *cm*, solco, — *PP*, circonvoluzione parietale esterna e interna divise dal solco interparietale *(1)*; — *Po*, solco parieto-occipitale: — *FS*, scissura di Silvio: 1, 2, 3, circonvoluzioni temporali superiore, mediana e inferiore; — *HH*, cervelletto; — *NH*, midollo allungato; — *R*, midollo spinale.

zioni servono ad aumentare la superficie del cervello, senza accrescere in proporzione il volume della cavità cranica in cui è racchiuso. La scissura interemisferica non giunge fino alla sostanza bianca interna del cervello (chiamata *corpo cal-*

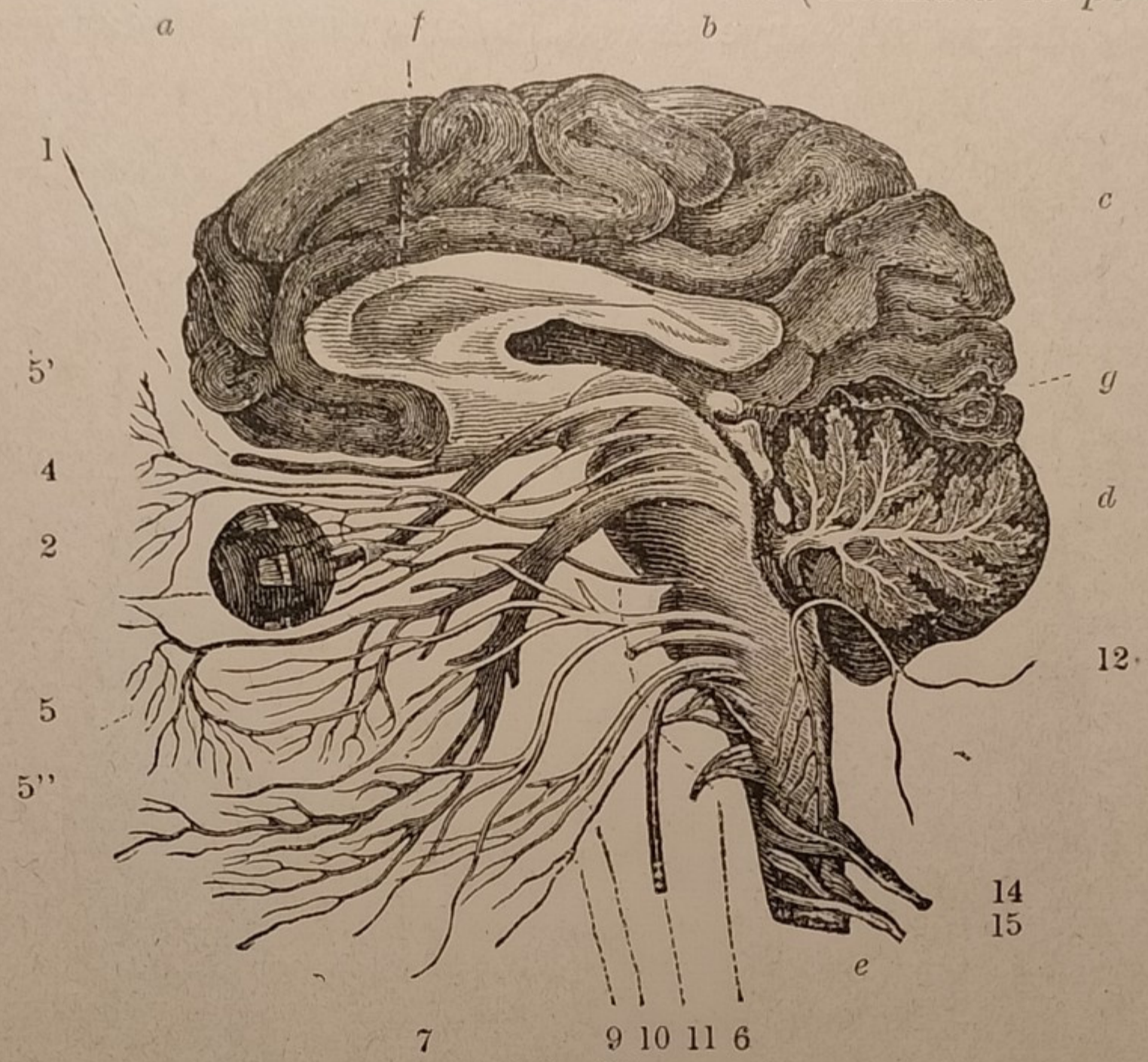


Fig. 90.

loso), e perciò quest'ultima collega tra loro i due emisferi e prende il nome di *commessura*.

Nell'interno degli emisferi cerebrali esistono due cavità dette *ventricoli laterali*, i quali comunicano con una terza cavità quasi centrale, situata più in basso e detta *terzo ventricolo*. I ventricoli laterali sono divisi uno dall'altro dal *setto lucido*.

Il cervelletto, collocato posteriormente ed inferiormente al cervello, presenta, come quest'ultimo, un solco che lo divide

90. — Spaccato verticale dell'encefalo umano: *a*, lobo anteriore del cervello; — *b*, lobo medio; — *c*, lobo posteriore; — *d*, cervelletto; — *e*, midollo spinale; — *f*, sezione del corpo calloso; — *g*, glandola pineale e lobi ottici, nascosti sotto la base del cervello; 1, nervi olfattori del 1 paio; 2, occhio col nervo ottico; 4, nervo del quarto paio che, insieme a quello del terzo, innerva i muscoli dell'occhio; 5' e 5'' branca mascellare superiore ed inferiore del nervo del quinto paio; 5, branca oftalmica dello stesso nervo; 6, nervo del sesto paio, che va ai muscoli dell'occhio; 7, nervo facciale; al di sotto della sua origine vedesi un tronco del nervo acustico; 9, nervo del nono paio e glosso-faringeo; 10, nervo pneumogastrico; 11, nervo dell'undecimo paio; 12, nervo del dodicesimo paio; 14 e 15, nervi cervicali del midollo spinale.

in due parti, dette *emisferi cerebellari*, fra i quali vi è un rilievo mediano o terzolobo del cervelletto, detto *verme*. La parte corticale di ciascun emifero è suddivisa da solchi quasi paralleli in tante lamine, disposte come i fogli di un libro. La sostanza bianca interna del cervelletto si insinua nella sostanza grigia

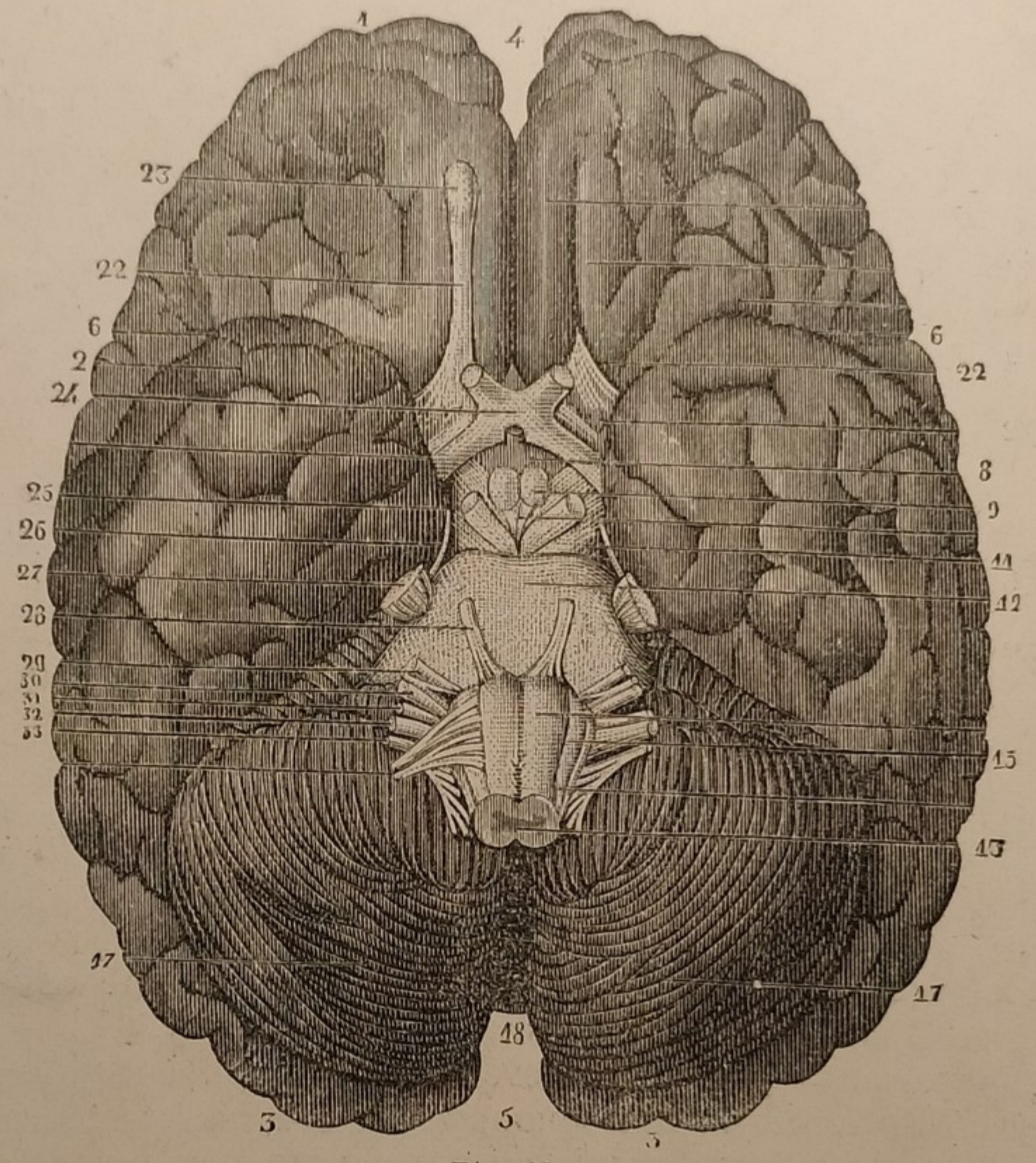


Fig. 91.

corticale, mandando numerose diramazioni di forma irregolare; sicchè, vista in sezione, appare ramificata a guisa di cespuglio e perciò si chiama *albero della vita* (fig. 90).

Alla base del cervello si trovano, procedendo dall'innanzi all'indietro, *superiormente*, cioè immediatamente sotto al corpo

91. — L'encefalo umano, ceduto di sotto: 1, lobo frontale; 2 e 3, lobo temporale e occipitale; 4, scissura interemisferica; 6, scissura di Silvio, destra e sinistra; 8, ghiandola pituitaria; 9, tubercoli mammillari; 11, peduncolo del cervello; 12, protuberanza anulare; 13, midollo allungato; 15, corpo olivare; 17 emisferi cerebellari, 18, verme o 3° lobo del cervelletto; 22, nervi olfattivi, il destro intero, il sinistro troncato; 23, bulbo del nervo olfattivo; 24, chiasma ossia incrociamento dei nervi ottici; 25 e 28, nervi oculo-motori; 26, nervo patetico; 27, radici del nervo trigemino; 29, nervo facciale; 30, nervo acustico; 31, nervo glosso-faringeo; 32, nervo pneumogastrico; 33, nervo accessorio; 34, grande ipoglosso.

calloso, i *corpi striati*, due rilievi detti *talami ottici*, da cui hanno origine i nervi specifici della vista, poi una piccola prominenza, di forma conico-ovulare (*glandola pineale* o *epi-*

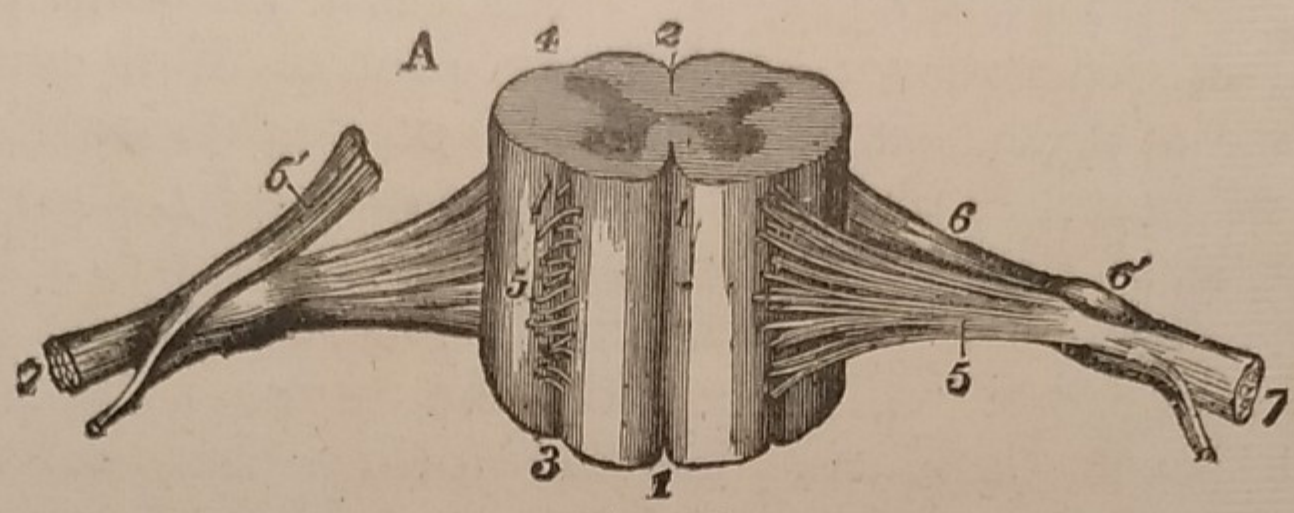


Fig. 92.

fisi), infine quattro tubercoletti, chiamati *lobi ottici* o *tubercoli quadrigemini*, dei quali i due anteriori servono per il senso

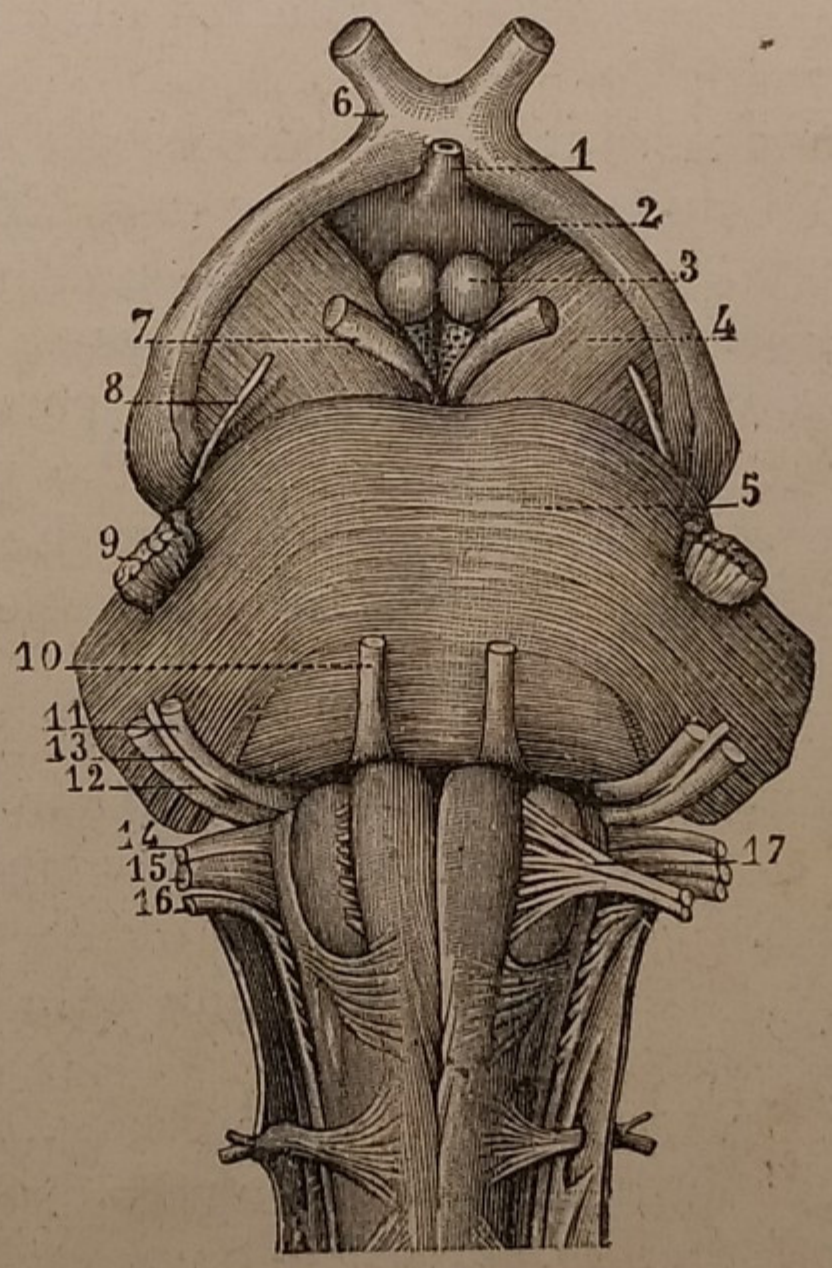


Fig. 93.

92. — Sezione trasversale del midollo spinale: — 1, solco mediano anteriore; 2, solco mediano posteriore; 3, solco collaterale anteriore; 4, solco collaterale posteriore; 5, radice anteriore e 6 radice posteriore di un nervo spinale; 6', ganglio; 7, nervo spinale.

93. — Istmo dell'encefalo: — 1, glandola pituitaria; 2, infundibolo: 3, tubercoli mammillari; 4, peduncolo cerebrale; 5, ponte di Varolio; 6, nervi ottici e chiasma; 7, nervi del 3.° paio; 8, nervo patetico; 9, nervo trigemino; 10, nervi del 6.° paio; 11, nervo facciale; 12, nervo acustico; 13, nervo intermediario; 14. nervo glosso-faringeo; 15, pneumogastrico; 16, nervo dell'11° paio; 17, nervo grande ipoglosso.

della vista, quelli posteriori per l'udito —; *inferiormente* (fig. 91), sempre procedendo dall'innanzi all'indietro, il *bulbo del nervo olfattivo*, il *chiasma ottico*, l'*infundibolo* che con l'*ipofisi* forma la *glandola pituitaria* (1), poi i *tubercoli mammillari*, infine i *peduncoli cerebrali*, per mezzo dei quali il cervello si connette colla *protuberanza anulare* o *ponte di Varolio*, che è una fascia di sostanza bianca *(fibre commessurali)*, che si stende trasversalmente tra i due emisferi cerebellari e li collega, come fa il corpo calloso negli emisferi cerebrali.

Infine la porzione dell'encefalo, che segue posteriormente alla protuberanza anulare, dicesi *midollo allungato* o *bulbo rachideo*, il quale lateralmente presenta due ringrossi, detti *corpi olivari*.

In corrispondenza del cervelletto e del bulbo rachideo, c'è una cavità, detta *quarto ventricolo*, la quale comunica col terzo *ventricolo* del cervello per mezzo di una specie di canaletto, detto *acquedotto di Silvio*.

Il midollo allungato, giunto al foro occipitale, continua nella colonna vertebrale, prendendo il nome di *midollo spinale*, che è un tubo nervoso, la cui cavità si è molto ridotta (canale dell'*ependima*), e le cui pareti laterali sono molto ispessite, mentre le pareti dorsale e ventrale sono rimaste sottili, così da formare due solchi, uno anteriore, l'altro posteriore. Presenta inoltre due solchi longitudinali–laterali; sicchè tutto il midollo risulta diviso in sei *cordoni*, come si vede nella fig. 92.

Dal midollo spinale si dipartono lateralmente i nervi, appaiati l'uno a destra, l'altro a sinistra. Ciascuno di questi nervi esce dal midollo con due radici, come vedremo meglio nel paragrafo seguente. Il midollo spinale ingrossa sensibilmente nei due punti da cui partono i nervi, che vanno agli arti toracici ed a quelli addominali.

La *sostanza grigia*, che occupa l'interno del midollo spinale, non ha forma cilindrica, ma manda due prolungamenti laterali per parte (detti *le corna*) nella *sostanza bianca* corticale (fig. 92).

78. **Parte periferica del sistema cerebro-spinale**. — Dalla base dell'encefalo e dal midollo spinale partono, due a due, tutti i nervi efferenti ed afferenti, che devono portarsi ad innervare gli

(1) Moderne ricerche hanno dimostrato che quest'organo avrebbe una funzione ancillare del rene, ossia apparterrebbe alle ghiandole a secrezione interna e a funzione prevalentemente antitossica. Infine si è constatato che la mancanza della sua azione determina un ritardo nell'accrescimento dell'organismo.

organi delle funzioni di relazione. Nell'uomo si contano 12 paia di *nervi cerebrali* o *cranici* e 31 paia di *nervi spinali*, che si denominano nervi del I, nervi del II, del III paio, ecc., procedendo dall'innanzi all'indietro, a partire dalla parte anteriore del cervello, pei nervi cerebrali, e dalla parte superiore del midollo spinale, per quelli spinali (figg. 92–94).

I nervi dei sensi esterni, cioè del gusto, dell' olfatto, dell'udito e della vista, partono tutti dall'encefalo. I nervi del tatto e quelli motori hanno origine da tutto l'asse cerebro-spinale.

Le funzioni dei nervi cranici sono le seguenti: il 1.° paio serve per l'olfatto; il 2.° paio è specifico per la vista; il 3.° paio (*oculo-motore comune*) serve pei movimenti del globo dell' occhio; il 4.° (patetico) innerva i muscoli obliqui dell'occhio; il 5.° paio (*trigemino*) per la sensibilità generale della faccia, dell'occhio, dei denti e pei movimenti delle mascelle; il 6.° è detto *oculo-motore esterno*; il 7.° paio (*facciale*) pei movimenti dei muscoli pellicciai della faccia e del collo; l'8.° paio (*acustico*) per l'udito: il 9.° (*glosso-faringeo*) pel senso del gusto; il 10.° (*pneumogastrico* o *vago*) insieme all'11.° (detto *accessorio*) per la deglutizione, digestione, respirazione, formazione dei suoni, ecc.; il

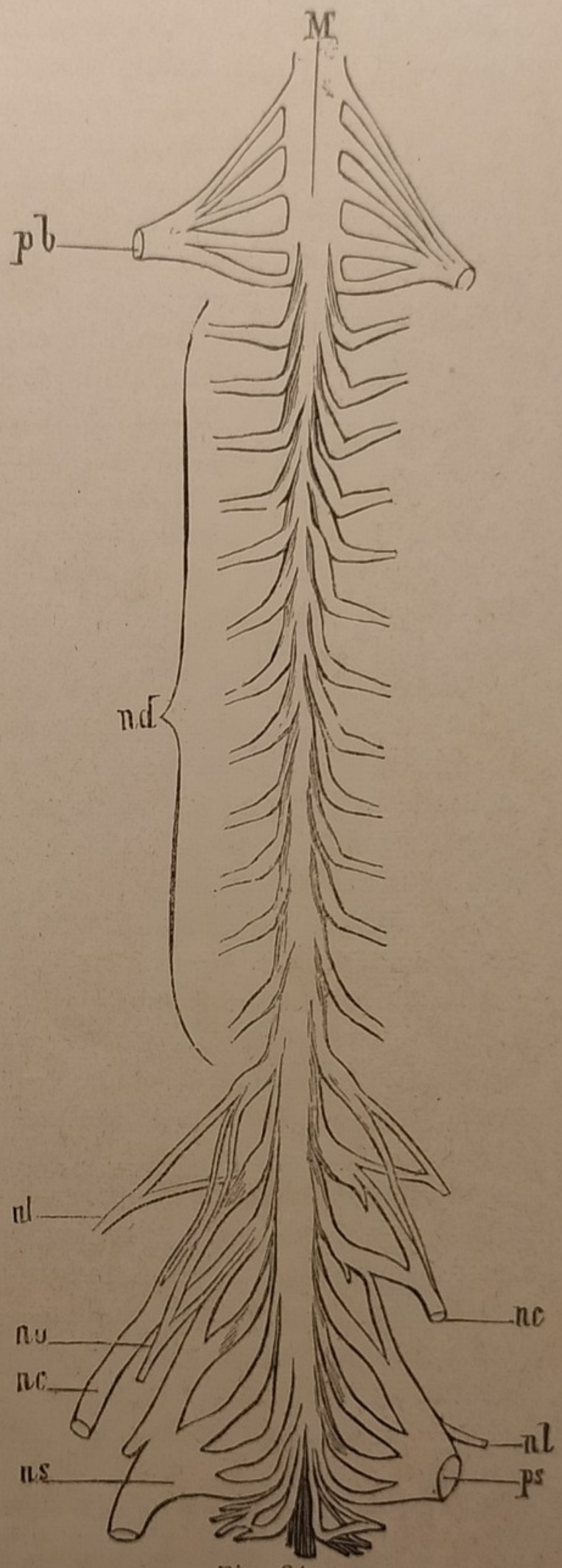


Fig. 94.

94. — Nervi spinali o rachidiani: — *M*, midollo spinale; — *pb*, plesso brachiale; — *nd*, nervi toracici; — *nl*, *no*, *nc*, plesso lombare; — *nf*, *ps*, *ns*, plesso sacrale.

12.° (*ipoglosso*) pei movimenti della lingua. Come si vede nelle figg. 90, 91 e 93 le ultime sei paia di nervi cranici partono tutte dal midollo allungato.

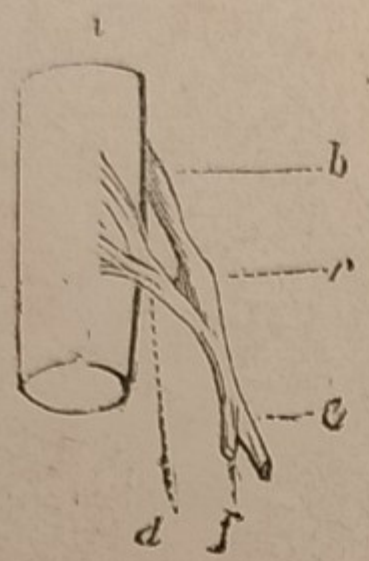


Fig. 95.

Tutti i nervi spinali dal 5.° al 9.° paio formano, poco dopo la loro origine, il *plesso brachiale* (punto dove si riuniscono e si fondono), da cui escono tutti i nervi degli arti toracici; similmente le cinque paia corrispondenti alla regione lombare del midollo formano il *plesso lombare* da cui partono i nervi per gli arti addominali (fig. 94).

Tutti i nervi spinali servono simultaneamente alla sensibilità ed al movimento, ed escono dal midollo spinale con due radici, una posteriore o dorsale, *di senso*, ossia destinata a dare al nervo le fibre afferenti ed una anteriore o ventrale, *di moto* ossia destinata a dare al nervo le fibre efferenti.

La radice posteriore, prima di riunirsi coll' anteriore per formare il nervo, presenta un rigonfiamento, che è un piccolo ganglio (fig. 95).

79. **Sistema nervoso del Gran simpatico.** — Oltre il sistema cerebro-spinale, che manda i suoi nervi a tutti gli organi delle funzioni di relazione, nei Vertebrati esiste un altro sistema di gangli e di nervi, detto *sistema intercostale* o *gangliare*, destinato ad innervare tutti gli organi della nutrizione (tubo digerente, cuore, vene, arterie, ecc.). Per il suo officio, questo sistema si chiama anche *sistema nervoso della vita vegetativa*. La sua parte centrale risulta da parecchi gangli

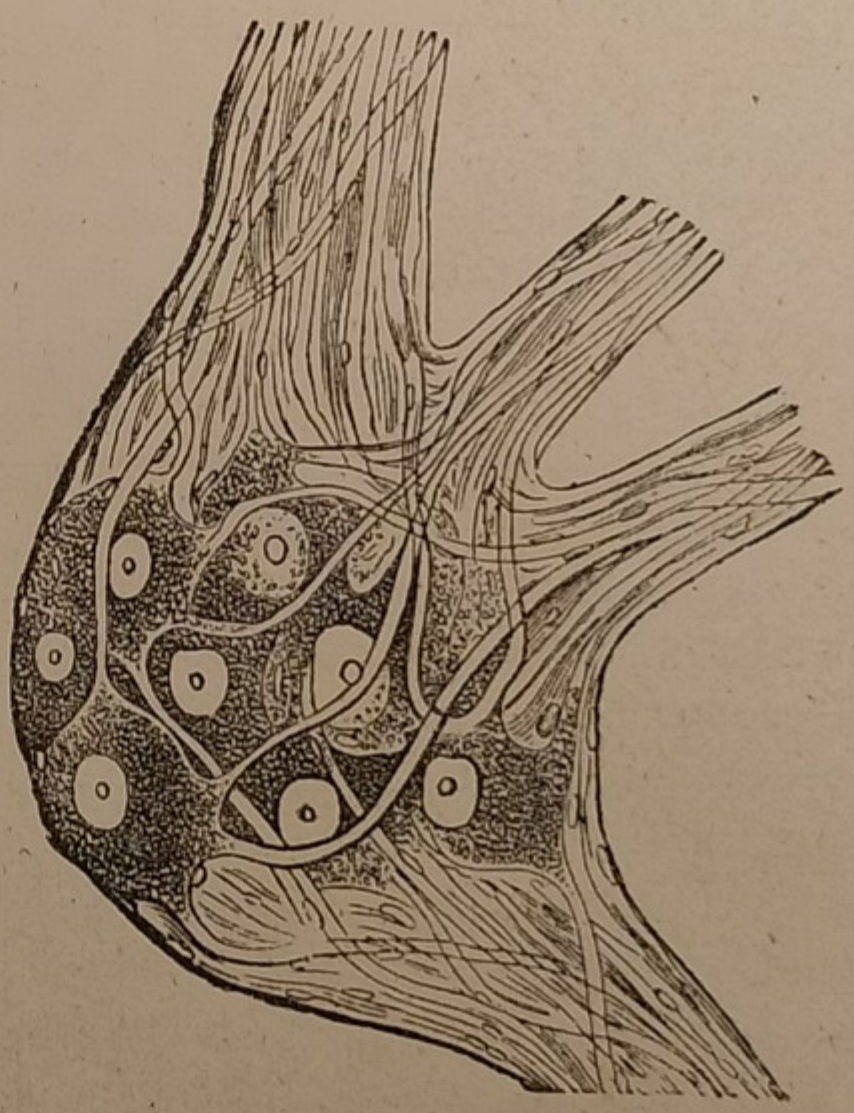


Fig. 96.

95. — Porzione di midollo spinale, nella quale vedonsi le due radici di un nervo che ne esce: — *a*, midollo spinale; — *b*, radice posteriore di un nervo spinale; — *c*, ganglio sul decorso di questa radice; — *d*, radice anteriore; — *e*, nervo risultante dall'unione di queste due radici; — *f*, diramazione che va ad anastomizzarsi col nervo del Gran simpatico.

96. — Cellule nervose di un ganglio del Gran simpatico.

(fig. 96) uniti tra loro a catena e collocati nel collo, nel torace e nell'addome, presso la colonna vertebrale. La parte periferica risulta da nervi costituiti da fibre pallide (§ 8), che vanno agli organi di nutrizione. Alcuni di questi nervi comunicano coi nervi cerebro-spinali (per esempio coi nervi cranici del 10.° e 11.° paio), perciò avviene che molti organi fra di loro indipendenti (cervello e stomaco, per esempio), agiscono reciprocamente l'uno sull'altro. Queste comunicazioni esistenti tra i due sistemi nervei spiegano, per esempio, perchè certi odori o sapori eccitino il vomito, perchè il solletico in certe parti del corpo, come sotto la pianta dei piedi, ecciti il riso, ecc. Siccome il sistema nerveo della vita vegetativa è la causa di queste ed altre simpatie esistenti tra parti disparate dell'organismo, esso si chiama pure *sistema del Gran simpatico.*

80. **Stimoli nervosi.** — Gli agenti naturali o artificiali, che producono *eccitazioni nervose* nelle cellule dei centri o nelle terminazioni periferiche dei nervi, si chiamano *stimoli* e si dividono in centrali e periferici.

Sono stimoli nervosi *periferici* le modificazioni che avvengono nelle diverse parti dell'organismo e le azioni degli agenti fisici esterni (luce, calore, ecc.).

Gli stimoli naturali *centrali* possono essere : 1.° *psichici*, 2.° *automatici*, 3.° *riflessi*. I primi sono quelli prodotti dai fenomeni di coscienza, e da essi dipendono i movimenti volontari. Gli stimoli automatici sono prodotti dall' azione del sangue, o di altri agenti fisico-chimici interni, sulle cellule nervose. Dipendono da questi stimoli i moti involontari del cuore, dei vasi sanguigni, del tubo digerente, ecc. Infine gli stimoli riflessi sono quelli dati dalla eccitazione di un nervo centripeto (di senso), la quale arrivando a un centro di moto, lo eccita, producendo un movimento involontario. Tali sono, per esempio, quelli che si osservano in animali decapitati (Rane), nei quali una puntura o un altro stimolo esterno produce contrazione degli arti.

Perchè si compia un moto riflesso, è necessario : 1.° un nervo centripeto ; 2.° un centro eccito-motore ; 3.° un nervo centrifugo (di moto o di secrezione). L'insieme di questi tre organi si chiama *arco nervoso semplice*. Ma è necessario ammettere un arco nervoso più complicato (*arco nervoso composto*), per spiegare certi moti involontari, quali sono le azioni simpatiche (§ 79), per es., il vomito determinato dallo stuzzicare la faringe, lo starnuto dall'irritare la membrana pituitaria, ecc. In questi casi, l'arco nervoso è formato :

1.° da un nervo centripeto; 2.° da un centro senziente; 3.° da fibre nervose *intercentrali,* per cui questo centro agisce sopra un centro del Gran simpatico; 4.° da un nervo centrifugo (di moto o di secrezione).

81. **Funzioni delle diverse parti del sistema cerebro-spinale.** — Si è già detto che, in generale, il sistema cerebro-spinale presiede alle funzioni della vita sensitivo-motrice, quello del Gran simpatico alle funzioni di nutrizione. Ma molte ricerche de' moderni fisiologi tendono a mostrare che le diverse funzioni della vita relativa risiedono esclusivamente, cioè sono *localizzate* in determinate parti dell'asse cerebro-spinale.

Infatti, solamente negli emisferi cerebrali esistono i centri destinati al linguaggio, tanto mimico come vocale, e, in generale ai movimenti volontarii, che derivano dall' intervento funzionale dell' intelligenza e della coscienza. Il cervelletto, invece, ha un'azione necessaria nel coordinamento dei moti volontarî, ed è sede del senso muscolare. È pure dimostrato che dal midolo allungato dipendono i movimenti degli organi respiratorii e del cuore, e, in generale, i moti riflessi ordinati. Invece il midollo spinale funziona da centro pei moti riflessi involontarî (1) e incoscienti; infine lo stesso midollo serve da organo conduttore centripeto e centrifugo, per tutti i movimenti dipendenti dai centri encefalici.

C'è chi ritiene che si verifichi anche una ulteriore localizzazione di funzioni nei diversi lobi del cervello umano; così, per esempio, che la facoltà conoscitiva dei luoghi e delle persone sia localizzata nelle due prime circonvoluzioni frontali; la facoltà dei movimenti volontari risieda nelle circonvoluzioni centrali; la facoltà uditiva nella parte media della 1.ª circonvoluzione temporale, infine il centro visivo occupi la superficie mediale del lobo occipitale. Ma su questo argomento sono ancora troppo discordi i fisiologi e incerte le loro conclusioni. Basta dire che la *facoltà del linguaggio*, che è pure quella su cui sono più facili le osservazioni, da Gall era collocata nella circonvoluzione posteriore sovraorbitale; da Brocca, nella terza circonvoluzione frontale sinistra; e da Lussana, nella terza circonvoluzione di ambedue i lobi cerebrali anteriori.

(1) Asportando il cervello, d'un animale, i moti riflessi incoscienti continuano: cessano, invece, se si tagliano i nervi che vanno al midollo spinale, o se si distrugge il midollo spinale stesso.

82. **Cenno di anatomia comparata del sistema nervoso.** — Il sistema cerebro-spinale esiste in tutti i Vertebrati, e solo in essi. Le circonvoluzioni esistono soltanto nei Mammiferi. Lo sviluppo del cervello, relativamente alle altre parti dell'encefalo, diminuisce a mano a mano che si passa dall'uomo ai Mammiferi inferiori (1), e poi da questi agli Uccelli (fig. 97), ai Rettili (fig. 98), e ai Pesci. I lobi ottici, invece, presentano uno sviluppo sempre maggiore passando agli Uccelli (fig. 97),

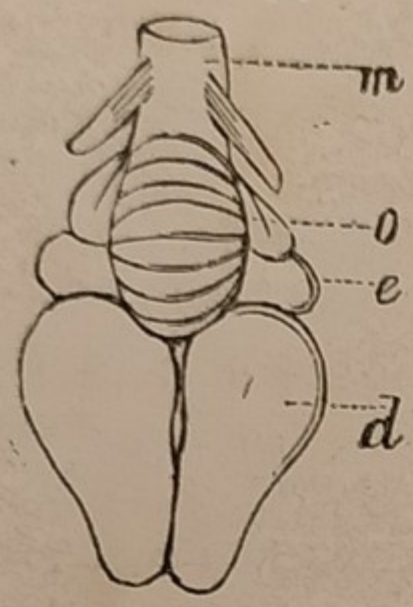


Fig. 97.

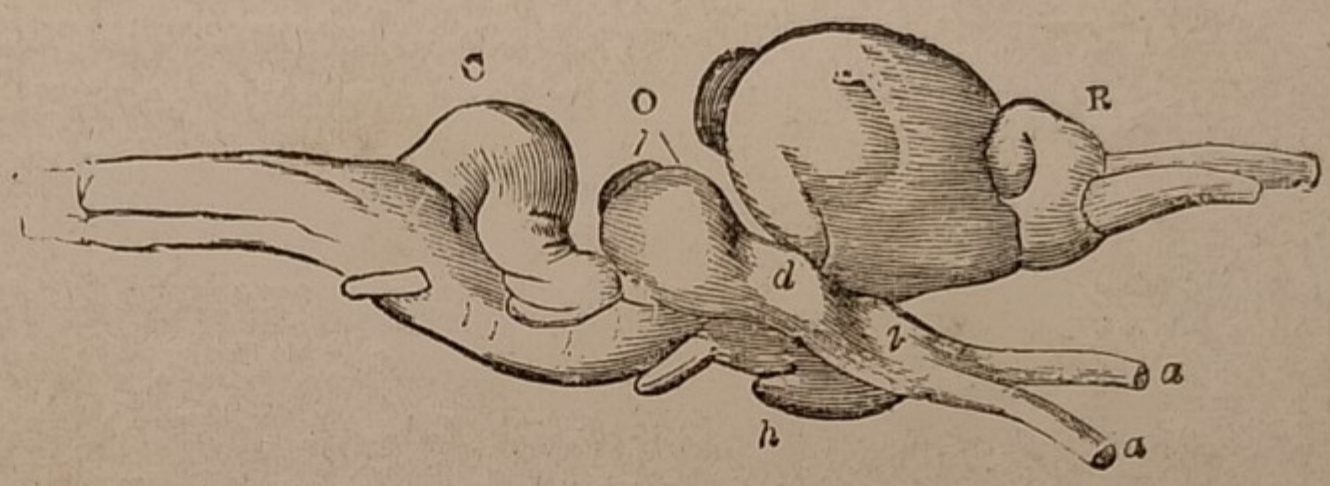


Fig. 98.

ai Rettili e ai Pesci, tanto che in quest'ultimi sono molto più voluminosi del cervello.

Negli Invertebrati, non vi sono più i due sistemi nervosi distinti. Negli Artropodi, per es., i gangli sono riuniti in catena, come mostra la fig. 99, e mandano i nervi a tutte le parti del corpo. Il primo ganglio della catena sta al di sopra del tubo digerente (e rappresenta il cervello dei vertebrati), e tutti gli altri, invece, sono collocati al di sotto di esso, nel torace e nell'addome, e sono riuniti al primo per mezzo di un collare nervoso o commessura esofagea, che circonda l'esofago.

Il sistema nervoso dei Molluschi ha qualche somiglianza con quello degli Artropodi, ma i suoi gangli sono disposti meno simmetricamente (fig. 100).

Nei Raggiati (echinodermi e celenterati) i gangli circondano la cavità orale, e da essi partono, come raggi, i nervi (fig. 101).

Infine, nei Protozoi non si scorge più un sistema nervoso distinto.

97. — Cervello di Struzzo: — *d*, emisferi cerebrali; — *e*, lobi ottici; — *o*, cervelletto; — *m*, midollo allungato.

98. — Cervello di Tartaruga, visto lateralmente; — *c*, cervelletto; — *o*, lobi ottici; — *r*, lobi olfattivi; *aa*, nervi ottici.

(1) Specialmente s'impiccoliscono i lobi anteriori; infatti, mentre nel cervello umano il lobo anteriore frontale, al davanti del solco rolandico, forma quasi la metà del cervello, invece nel cervello felino, canino e pecorino, ne forma, meno di una decima parte (Lussana).

2. Sensitività

83. **Sensazione e percezione.** — Ciascuno è testimonio a sè stesso che noi percepiamo, ritraendone piaceri o dolori, sia lo stato generale di benessere o di malessere del nostro corpo, sia tutte le mutazioni od alterazioni, che una causa qualunque produce in noi. Diremo, dunque, che il *sentire* è quell'atto con cui esperimentiamo e percepiamo lo stato del nostro corpo e le modificazioni che in esso sopravvengono. La facoltà, per la quale possiamo sentire dicesi *sensitività;* l'atto del sentire chiamasi *sensazione.*

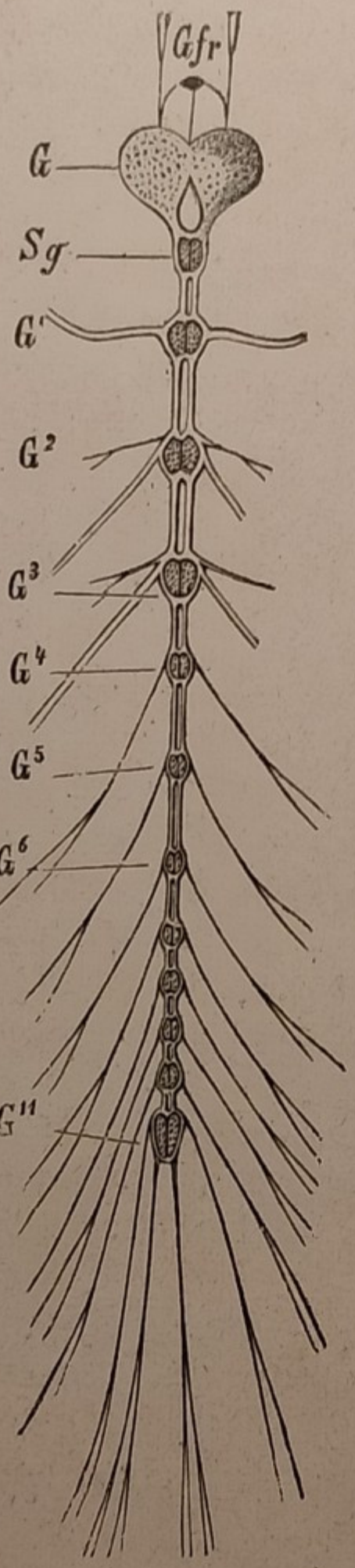


Fig. 99.

La facoltà, per cui sentiamo il nostro corpo, dicesi *sensitività generale.* La sensazione del nostro corpo è perenne ed abituale in noi, e perciò ordinariamente poco avvertita. Essa è radice e condizione di tutte le sensazioni speciali.

Le facoltà di sentire le mutazioni, che gli agenti esterni producono nel nostro corpo, si chiamano *facoltà speciali* o *sensi esterni.* È noto che un dato agente, per es. la luce, è percepito in quanto agisce sull'occhio, ma non determina sensazione alcuna in quanto agisce sull'udito o sopra altra parte del corpo. Così è degli odori, dei suoni, ecc., i quali vengono percepiti solo in quanto portano la loro azione su una determinata parte del corpo. Diremo quindi che i sensi esterni sono *facoltà sensitive speciali, per le quali l'animale percepisce i fenomeni di alcuni determinati agenti fisici, quando portano la loro azione su una determinata parte del corpo, che si chiama sensorio.* Nell'uomo e negli animali superiori esistono cinque sensi esterni e cinque sensori relativi, cioè il *tatto,* il *gusto,* l'*olfatto,* l'*udito* e la *vista.*

Ogni sensazione si compone di tre atti: 1.° l'*impressione;* 2.° la *trasmissione;* 3.° la *percezione.* La prima è l'azione

99. — Sistema nervoso di un insetto (Coccinella). — *Gfr*, ganglio frontale; — *G*, cervello; — *Sg*, ganglio subesofageo: da *G'* a *G''* gangli della catena nel torace e nell'addome.

esercitata da uno stimolo periferico sul sensorio, e può essere *meccanica*, come nel tatto, *molecolare*, come nel gusto e nel-

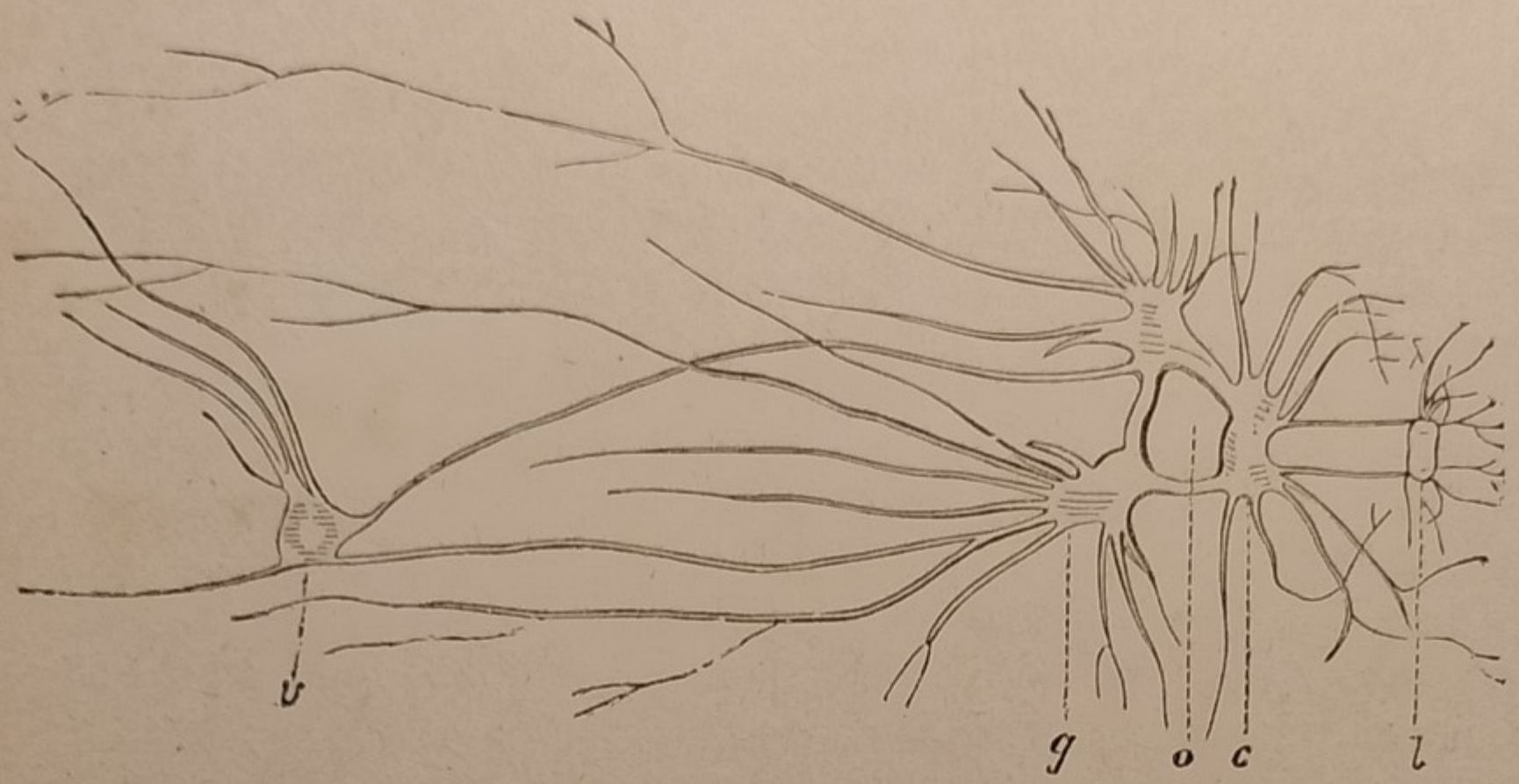


Fig. 100.

l'olfatto, *fisica* propriamente detta, come nell' udito e nella vista. La trasmissione consiste nella comunicazione dell'azione. per mezzo di un nervo afferente, dal sensorio all' encefalo. Una legatura od una lesione qualunque nel nervo afferente impedisce la sensazione, quantunque il sensorio sia in istato normale. Infine la *percezione sensitiva* è l'atto per cui l'animale avverte la modificazione determinata nel suo corpo dall'agente esterno, e ne ha un sentimento di piacere o di dolore. Questo atto si compie alla estremità encefalica degli elementi nervosi.

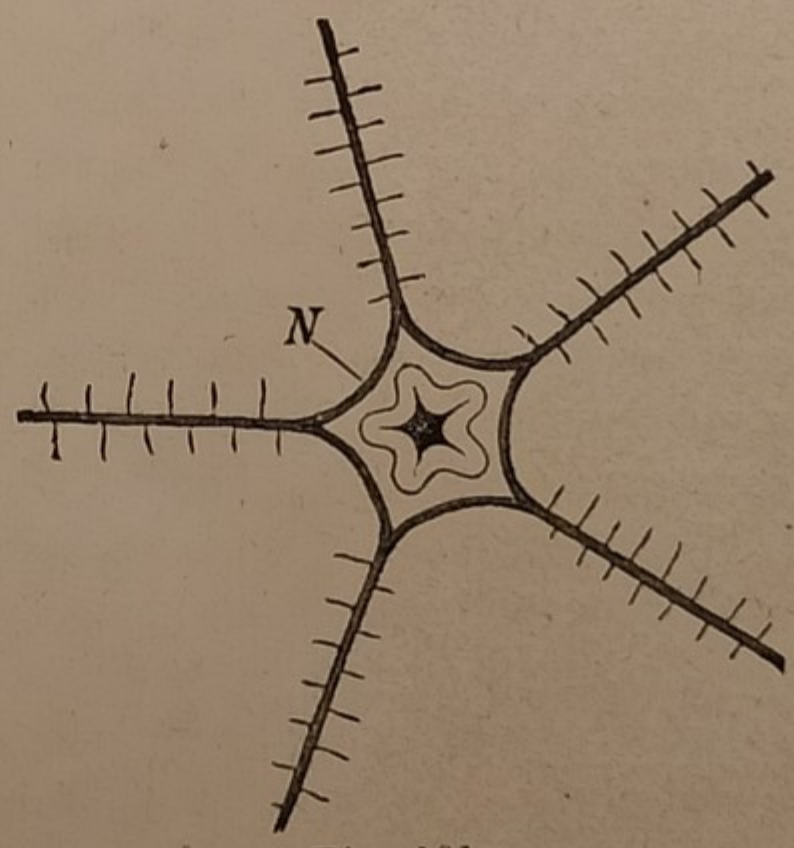


Fig. 101.

84. **Sentimento**. — Tutte le sensazioni, sia la generale e fondamentale del nostro corpo, come le speciali ed accidentali, inducono nel senziente un'affezione piacevole ovvero dolorosa,

100. — Sistema nervoso di un mollusco (Aplisia); — *g*, gangli cerebrali; — *c*, gangli toracici o sotto-esofagei; — *o*, collare nervoso, che circonda l' esofago; — *l*, gangli labiali; — *v*, ganglio viscerale.

101. — Schema del sistema nervoso di una Stella di mare; — *N*, anello nervoso, che unisce i cinque rami nervosi ambulacrali.

la quale accompagna e segue la sensazione, e si suol chiamare *sentimento*. È in esso che hanno la loro radice le passioni dell'animale (1).

Le sensazioni, e le affezioni che ne conseguono, esistono non solo nell'uomo, ma anche negli animali. Tuttavia in questi non le possiamo constatare direttamente, ma solo indirettamente, dal vederli ripetere tutte quelle azioni meccaniche fisiche e fisiologiche, che in noi accompagnano questi fenomeni interni.

Abbiamo veduto che la Mimosa, la Dionea, la Drosera e molte altre piante, appena toccate, mettono in movimento le proprie foglie, e che perciò tali piante si chiamano *sensitive* (1, § 96). Ma niente ci fa supporre che qui si tratti d'una sensibilità accompagnata da affezioni di piacere o di dolore ossia dal sentimento, come avviene negli animali. Per conseguenza, neppure si può asserire, come a suo luogo ho già fatto avvertire, che i movimenti delle piante sieno spontanei, nel senso che si dà a questa parola, parlando degli animali (1) (§ 15)7.

85. **Sensitività ed intelligenza.** — Mentre in molti animali inferiori probabilmente mancano alcuni dei sensi esterni, negli animali superiori, invece, bisogna ammettere l'esistenza di diverse facoltà sensitive interne, che sono la *fantasia*, la *memoria sensitiva* e la facoltà dell'*associazione sensitiva*, ossia una facoltà di congiungere le sensazioni tra loro e coi fantasmi per la quale l'animale percepisce contemporaneamente e riunisce le diverse sensazioni, che riceve da un medesimo corpo o le azioni simultanee, che diversi agenti esterni esercitano sui suoi sensi.

Tutte queste facoltà interne degli animali sono puramente sensitive, e non si devono confondere colla intelligenza (che è la facoltà delle idee e dei giudizi), che il Creatore elargì solo all'uomo. Imperocchè, dirò coll'illustre zoologo De Filippi, « all'uomo solo spetta la facoltà di rappresentarsi gli oggetti mediante le loro qualità, e mediante la creazione di tipi, che in sè raccolgono i caratteri comuni od una serie di esseri; le facoltà, insomma, di astrarre e di generalizzare, sulle quali posa tutto lo sviluppo della ragione umana. L'uomo solo possiede la riflessione, ossia l'attitudine della mente a ripiegarsi

(1) Qui si tratta di *sensibilità* e di *sentimento corporeo*; nell'uomo però, vi ha anche un *sentimento spirituale*, al quale si richiamano i sentimenti religiosi, morali, del vero, del buono, del bello, ecc. Ma di essi non è qui il luogo di parlare.

sopra se stessa ed a studiare le proprie operazioni; l'uomo solo ha il sentimento morale, l'estetico, il religioso: è perfettibile, è responsàbile delle proprie azioni, ha l'anima immortale (1) ».

86. **Istinto.** — S'intende per istinto quella inclinazione naturale, che determina l'animale a certe operazioni, che hanno per iscopo la conservazione del proprio organismo, ovvero della specie. L'istinto viene determinato ai singoli atti dalle percezioni ed affezioni sensitive. Gli istinti di caccia, delle costruzioni, delle emigrazioni, ecc., sono diretti alla conservazione dell'individuo; gli istinti, invece, di nidificazioni, di covatura, di allattamento, ecc., sono quelli diretti alla conservazione della specie.

Gli atti istintivi sono, per tutti gli animali d'una stessa specie, *uniformi, costanti, invariabili e non perfettibili.* Da quanto tempo, per esempio, le api fabbricano gli alveari, ed i castori le dighe e le loro abitazioni, senza mai variare, nè perfezionare d'un punto il modo di costruzione! Queste proprietà degli atti istintivi mostrano che essi, per quanto talvolta meravigliosi, sono determinati esclusivamente da percezioni ed affezioni sensitive, non mai da percezioni intellettive. L'uomo è il solo animale progressivo.

87. **I sensorii in generale** — Ho detto che si chiamano *sensorî* gli organi, per mezzo dei quali agiscono i cinque sensi esterni. Un sensorio presenta sempre due parti essenziali, che sono: un nervo specifico ed un apparato in cui esso è distribuito. Questo apparato modifica più o meno notevolmente il fenomeno esterno e poi lo comunica al nervo specifico afferente, il quale lo trasmette ad un centro nervoso, con cui deve essere in comunicazione, come si è spiegato al § 80.

I cinque sensi si sogliono dividere in due gruppi, cioè, *sensi inferiori* (*tatto*, *gusto*, *olfatto*) *e sensi superiori* (*udito e vista*). — Nei primi il sensorio è molto semplice, e si richiede il contatto del sensorio col corpo sentito; nei secondi il sensorio è molto più complicato, e sopra di essi agiscono speciali movimenti (vibrazioni) di mezzi elastici, come l'aria e l'etere.

88. **Senso del tatto.** — Questo senso esterno e l'unico, che serve alla percezione non di una sola, ma di diverse proprietà dei corpi.

I moderni fisiologi ammettono tre sensibilità tattili distinte, cioè: il *tatto propriamente detto*, che serve a percepire la

(1) Filippo de Filippi, *Règno animale,* II ediz., Milano. pag. 62.

forma e lo stato della superficie dei corpi: il *senso termico,* che percepisce le variazioni di temperatura; infine il senso *muscolare,* che ci fa conoscere la durezza, la consistenza e il peso dei corpi e lo stato di contrazione o di rilasciamento dei muscoli. Tutte le sensazioni tattili esagerate producono *dolore.*

L'organo del tatto è la pelle, che copre esternamente tutto il corpo dell'animale. Di solito, però, ci sono alcune parti di essa ove il tatto è notevolmente più squisito. Tali sono le mani dell' uomo, le labbra dei solidungoli (cavalli), la proboscide dell'elefante, la lingua degli uccelli, le antenne ed i palpi degli insetti, i tentacoli dei molluschi, ecc.

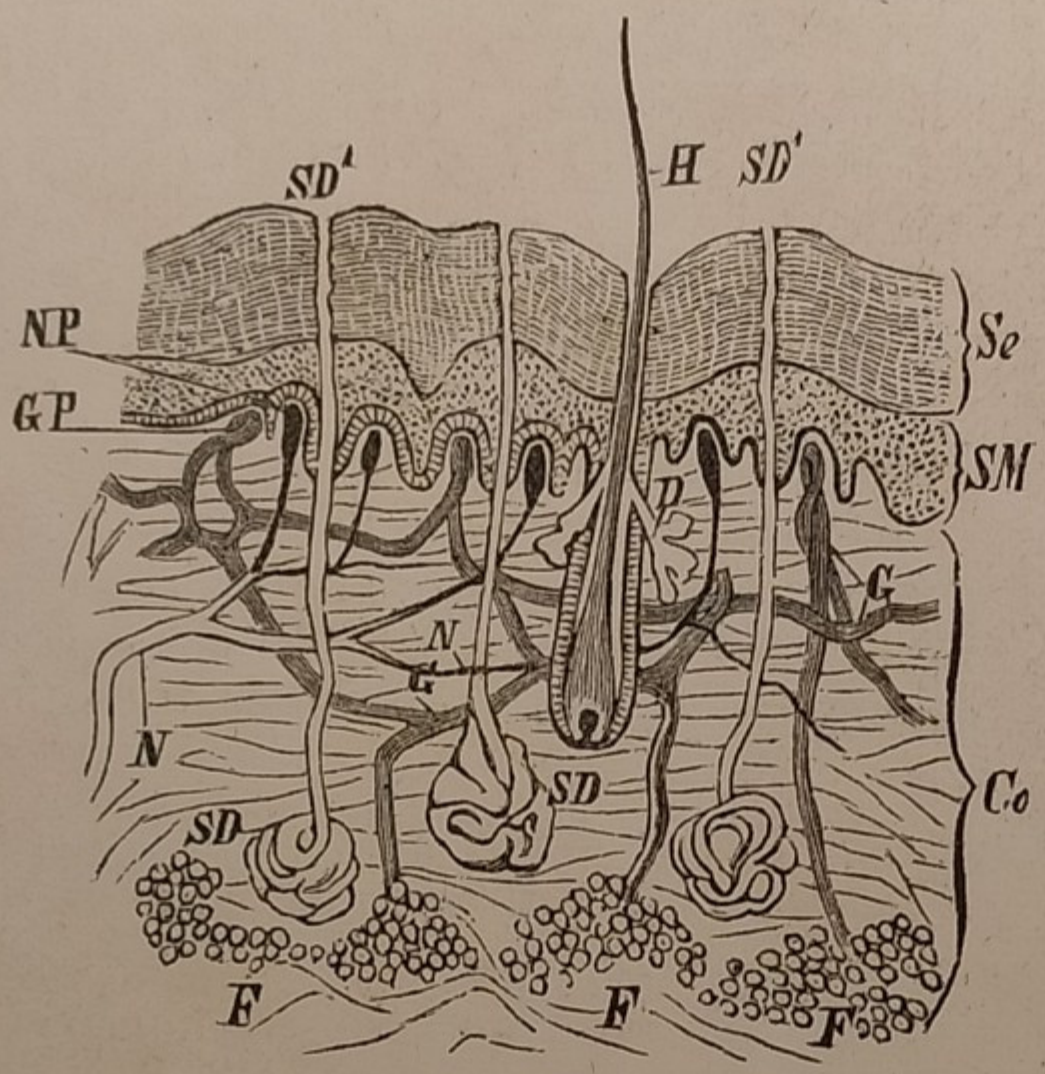


Fig. 102.

La cute, o pelle, è formata di due strati, cioè: l'*epidermide* ed il *derma o corion* (figura 102).

L'epidermide è una membranella, trasparente ed insensibile, formata da tessuto epiteliare (§ 3). La parte di essa più esterna e superficiale risulta da tessuto corneo e costituisce l'epidermide propriamente detta; lo strato più profondo, invece, chiamato *strato mucoso* o *rete di Malpighi*, è molle e le sue cellule arrotondate o nucleate contengono il pigmento, che dà il colore alla pelle. Queste cellule sono dette *cromatofori* e sono molto numerose e sviluppate nella Salamandra e in altri rettili dai colori vivaci.

L'epidermide è destinata a difendere il *derma*, che essa ricopre esternamente a guisa di vernice.

Il derma è formato da un tessuto connettivo molto resistente. Riceve molti vasi sanguigni e molti nervi, ossia tutti quelli del midollo spinale, i quali vi portano la sensitività e la

102. — Sezione della pelle dell'uomo: — *Se*, strato corneo; — *SM*, strato malpighiano; — *Co*, derma; — *F, F*, cellule adipose; — *NP*, papille tattili; — *GP*, papille vasali; — *N, G*, nervi e vasi scorrenti nel derma; — *SD, SD'*, ghiandole sudorifere; — *H*, pelo.

motilità. I veri organi del tatto sono tante piccole prominenze esistenti alla superficie esterna del derma, chiamate *papille tattili* (fig. 103), nel cui centro termina l'estremità del cilindrasse di un nervo spinale. Le diverse parti della pelle hanno più o meno squisito questo senso, secondo che presentano un numero maggiore o minore di questi corpuscoli tattili.

Nello spessore del derma trovansi anche in numero grandissimo (2,400,000 circa nella pelle dell'uomo) le *ghiandole sudorifere*, formate da sottili tubetti, aggomitolati nella parte inferiore, e superiormente aprentisi alla superficie libera dell'epidermide. Queste ghiandole sono destinate a secernere il sudore. Altre ghiandole esistenti nel derma sono le *sebacee*, che secernono una materia untuosa, detta *sego della pelle*. Esse sono meno numerose di quelle sudorifere e di solito circondano i *follicoli dei peli* (fig. 104).

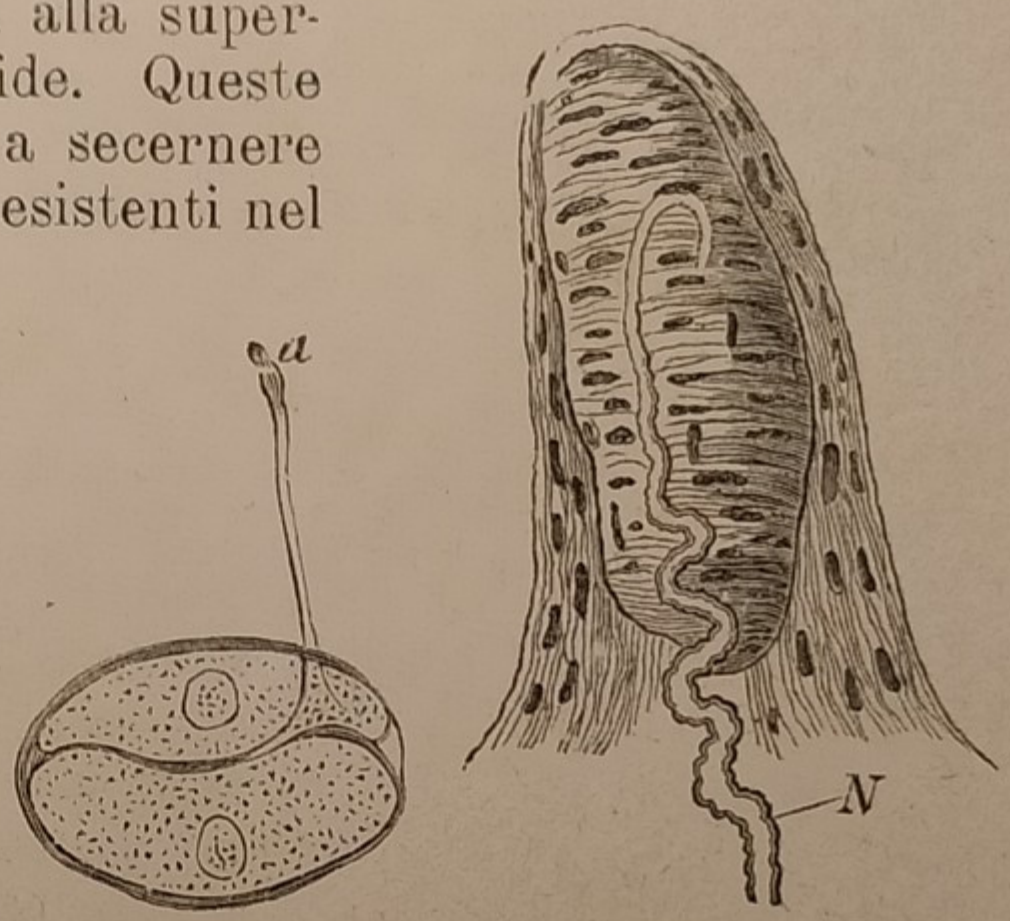


Fig. 103.

I peli sono una produzione cornea dell'epidermide. In un pelo si devono distinguere tre parti, cioè; *la radice*, *l'asta* ed *il follicolo*. Il follicolo è una cavità ovoidale esistente nello spessore del derma, ed è formato da una tonaca fibrosa, tappezzata internamente da uno strato di cellule epiteliali. Il pelo ha origine nell'interno del follicolo, sul fondo del quale sta infissa la sua radice (fig. 104).

Le unghie e le penne sono produzioni epidermoidali analoghe ai peli.

Gli uffici della pelle sono *di sentire*, *di secernere*, *di assorbire* e infine *di proteggere* tutte le parti interne del corpo.

89. **Senso del gusto.** — È quello per cui gli animali percepiscono i sapori dei corpi. Si noti anzitutto che un corpo, perchè possa agire sul sensorio del gusto, deve trovarsi a contatto con esso, ed essere in soluzione. Pei cibi solidi il solvente naturale è la saliva.

103. — *a*, cellula tattile composta, tolta dalla punta del becco dell'Anitra (da *Merkel*); — *b*, papilla tattile dell'uomo con i corpuscoli tattili e loro nervi *N*.

Il sensorio del gusto è formato da papille esistenti sulla mucosa della lingua (§ 18) e di alcune parti del palato e delle fauci.

La lingua (fig. 105), è costituita da una massa di muscoli. incrocicchiantisi tra loro, rivestita da una membrana mucosa, la quale presenta due sorta di sporgenze o papille. Le più numerose, detto *papille filiformi,* servono pel tatto; le meno numerose, chiamate, dalla loro forma, *papille fungiformi* e *papille circumvallate,* sono il sensorio del gusto, cioè in esse arrivano le diramazioni del nervo glosso-faringeo (del 9.° paio), le quali vanno a terminare in cellule speciali riunite a formare degli organi in forma di calici, detti *bottoni* o *calici gustativi* (fig. 106).

Fig. 104.

Il sensorio del gusto è poco sviluppato negli Uccelli, nei Rettili e nei Pesci; esiste nei Molluschi e negli Insetti; ma, negli Invertebrati inferiori, si confonde con quello del tatto.

90. **Olfatto.** — Questo senso serve a percepire gli odori, i quali sono prodotti da particelle esilissime, che si distaccano dai corpi odorosi. È quindi indispensabile, perchè un corpo sia odoroso, che sia volatile od aeriforme, e che le sue particelle vengono portate al sensorio per mezzo di un veicolo gassoso, il quale in generale è l'aria.

L'organo dell'odorato nell'uomo, ed in tutti gli animali superiori a respirazione aerea, si trova all'apertura della via, che l'aria percorre, per portarsi ai polmoni; e consta di due parti essenziali: le *fosse nasali* e la *membrana pituitaria,* alle quali talvolta si aggiunge una parte accessoria, detta *naso* (fig. 107).

Le fosse nasali sono due ampie cavità ossee, simmetriche, poste alla base del cranio e divise da un tramezzo, il quale,

104. — Sezione verticale della pelle umana (ingrand. di 20 diametri): 1, epidermide e rete di Malpighi; 2 e 3, derma; 4 e 7, due follicoli di peli, circondati da ghiandole sebacee; 5, tessuto sottocutaneo con cellule adipose; 6, ghiandola sudorifera col suo condotto escretore; 8, cellule adipose.

però, manca posterioramente, dove dette fosse formano una cavità sola che comunica colla retro-bocca. Le loro pareti, risultanti da parecchie ossa della faccia e del cranio, sono interamente tappezzate da una *membrana mucosa*, detta *pituitaria*. Ad aumentare la superficie interna delle fosse nasali e quindi della pituitaria, esistono su ciascuna delle loro pareti laterali, tre lamine ossee, accartocciate e sporgenti, detti *turbinati*, i quali sono tanto più sviluppati, quanto più il senso in discorso è squisito, come si osserva, per esempio, nel cane.

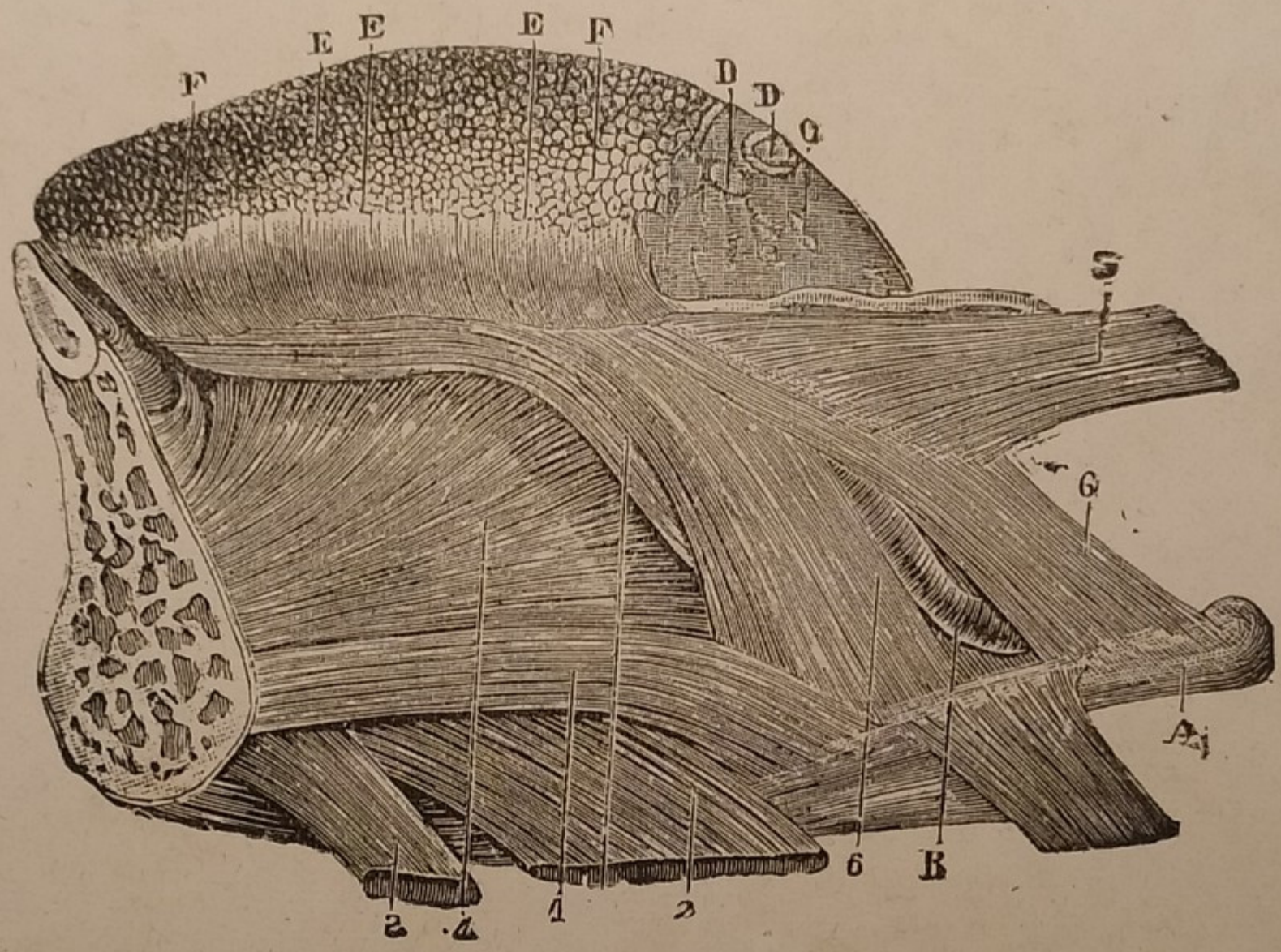


Fig. 105.

La pituitaria è fornita di abbondanti ciglia vibratili e di ghiandole secernenti un muco speciale, che serve a proteggerla dall'azione dell'aria esterna e ad arrestare le particelle odorose; su tale membrana si distribuisce il nervo specifico dell'olfatto, che è il nervo del primo paio (fig. 90).

La parte della membrana pituitaria, che riceve il nervo specifico dell'olfatto, è munita di un epitelio grosso, che si compone d'uno strato superficiale di cellule cilindriche, contenente un nucleo e delle granulazioni pigmentarie; al disotto di questo strato vi sono delle cellule particolari, dette *cellule*

105. — Lingua: *A*, osso joide; — *B*, arteria linguale; — *C*, ghiandole della base della lingua: — *D*, *D*, papilla circumvallata; — *E*, *E*, papille fungiformi; — *F*, *F*, papille filiformi; 1, 2, muscoli joidei; 3, muscolo linguale profondo; 4, 5 e 6, altri muscoli che muovono la lingua.

olfattive, ovoidali, bipolari, di natura nervosa, provviste di due prolungamenti, l'uno inferiore, finissimo, che si interna nella pituitaria e si trova in diretta comunicazione con una fibrilla del nervo olfattivo; l'altro più grossetto, che termina sulla superficie libera della membrana. Queste cellule,

Fig. 106.

che formano la parte più essenziale delle papille olfattive, diconsi anche *coni*, per analogia collo straterello dei coni della retina (v. avanti, § 93).

Il *naso* poi è un organo formato dalle due ossa nasali e da varie cartilagini, ed internamente diviso da un tramezzo in due cavità, dette *narici*, le quali fanno seguito sul davanti alle fosse nasali e servono a raccogliere e dirigere entro queste le particelle odorose. Il sensorio dell'olfatto, ridotto alle sue parti essenziali, che sono *membrana pituitaria* e *nervo olfattorio*, esiste in tutti i Vertebrati, compresi i Pesci, nei quali le cavità nasali sono a fondo cieco. Sebbene in molti animali inferiori, quali sono gli Artropodi, i Molluschi ed i Vermi, non si sia potuto distinguere un sensorio dell'olfatto, tuttavia

106. — Sezione d'una papilla circumvallata; A, papilla intera; — *Gk*, bottoni gustativi; — *N*, nervo; — B, bottone gustativo isolato; — C, cellule di sostegno *(Dz)* e *Sz* cellule sensorie.

la facoltà olfattiva in essi esiste certamente e talvolta molto sviluppata. Negli Artropodi, probabilmente, l'organo dell'olfatto risiede nelle antenne.

91. **Sensorio dell'udito. Organo del Corti.** — Il senso dell'udito, per mezzo del quale gli animali percepiscono i suoni, ha per proprio sensorio l'orecchio, che è doppio, ed occupa uno spazio assai piccolo, scavato nelle due ossa temporali. Nei Mammiferi, in cui è più perfetto, consta di tre parti, che diconsi *orecchio esterno, medio* e *interno* (fig. 108).

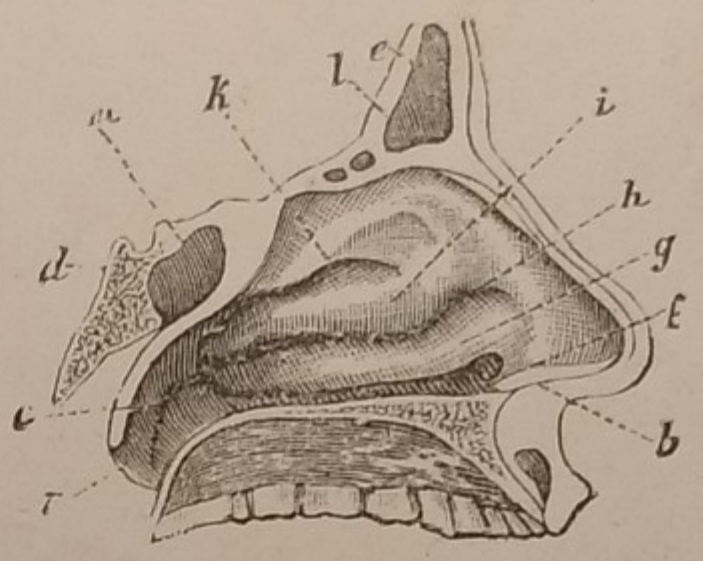


Fig. 107.

L'orecchio *esterno* consta di una cartilagine concava più o meno involuta, detta *padiglione,* e del *condotto uditivo,* che, internatosi per poco nel temporale, e chiuso obliquamente da una lamina elastica detta *membrana del timpano.*

Abbondanti follicoli secernono sulla parete interna di questo condotto il *cerume.*

L'*orecchio medio* non è altro che una cavità di forma irregolare, detta *cassa del timpano* o *tamburo.* Essa tien dietro immediatamente alla membrana del timpano ed è chiusa d'ogni intorno, fuorchè nella parte inferiore, dove trovasi la imboccatura della *tromba d'Eustachio,* che termina alla retrobocca e mette in tal modo in comunicazione l'aria esterna coll'orecchio medio. Il che giova, perchè la membrana del timpano riceva sulla faccia interna sempre la stessa pressione, che prova sull'esterna, e non abbia a soffrire alterazioni per rapidi cambiamenti di pressione atmosferica. Nella cavità ora descritta si trovano quattro ossicini disposti a modo di catena e denominati dalla loro configurazione, il *martello,* l'*incudine,* l'*osso lenticolare* e la *staffa;* il primo si attacca alla membrana del timpano e l'ultimo alla finestra ovale. L'ufficio di questi ossicini è di facilitare la trasmissione del movimento sonoro, essendo noto che i solidi trasmettono i suoni meglio che gli aeriformi (fig. 109).

L'*orecchio interno* presenta anzitutto una cavità centrale, denominata *vestibolo,* che, dalla parte rivolta alla cassa del tim-

107. — Fosse nasali: sezione verticale, che rappresenta la parete esterna di una fossa nasale: *a,* bocca; — *b,* narici; — *c,* retrobocca o faringe; — *d,* parte della base del cranio; — *m,* seno sfenoidale; — *l,* seni frontali; — *g, i, k,* turbinati; — *f, h,* meati esistenti tra i turbinati; — *n,* apertura della tromba d'Eustachio; — *o,* velo palatino (vedi anche la fig. 32).

pano, ha un foro chiamato, per la sua forma, *finestra ovale*, su cui sta tesa una membrana. Un poco più in basso c'è la finestra *rotonda* o finestra della chiocciola. Dalla parte posteriore del vestibolo sporgono tre tubi cilindrici ripiegati, detti *canali semicircolari;* e, dalla parte anteriore, lo stesso vestibolo presenta un quarto canale, ravvolto a spira, come il guscio di una lumaca, ed è chiamato perciò *chiocciola* o *coclea*. L'insieme di queste diverse cavità dell'orecchio interno prende il nome di

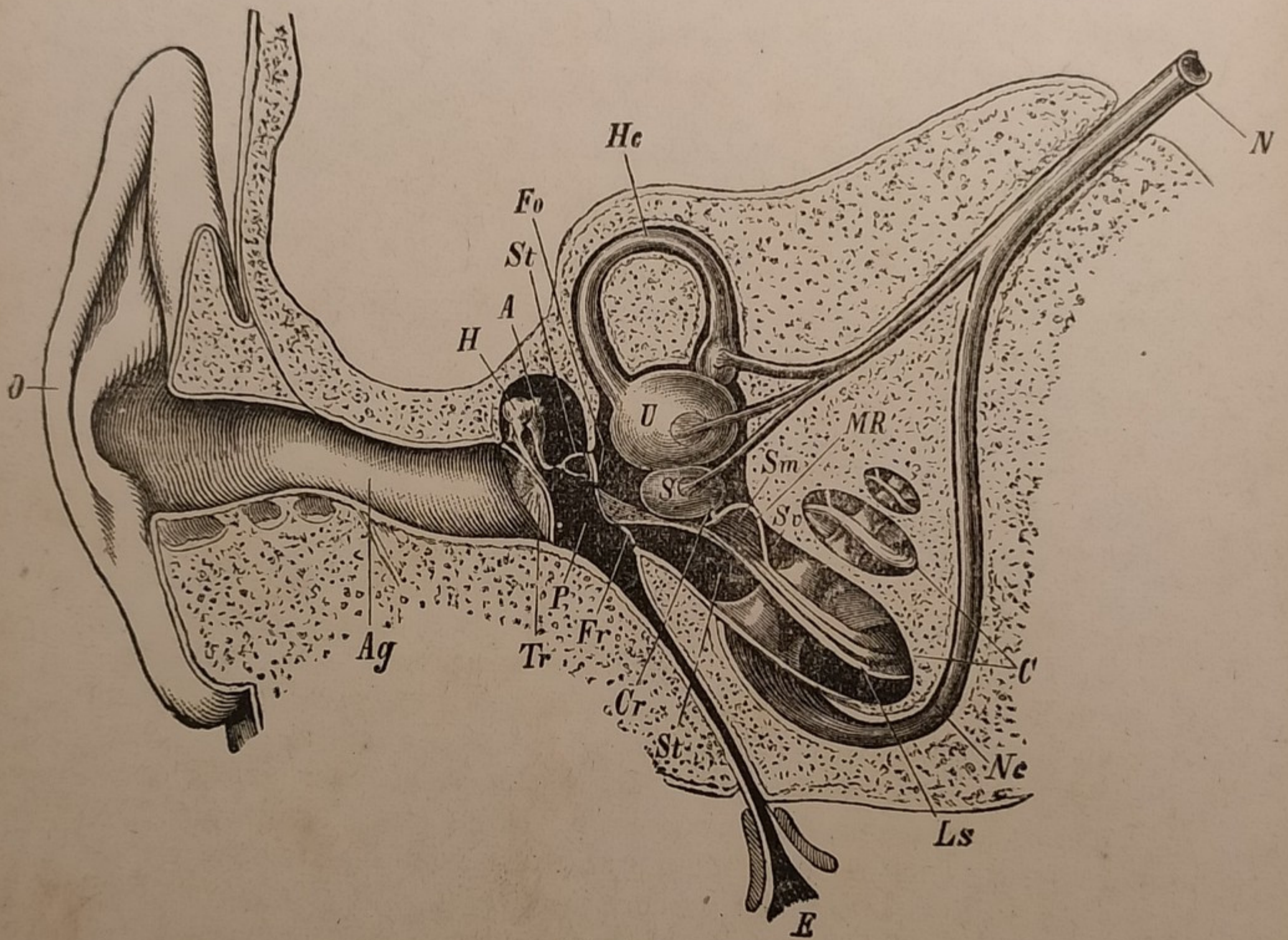


Fig. 108.

labirinto. Nell'interno del *labirinto osseo* c'è una membrana, che lo riveste senza aderirvi, e forma il *labirinto membranoso*, il quale, nella parte corrispondente al vestibolo, presenta

108. — Schema dell'organo uditivo dell'uomo (da Czermak); — *O*, padiglione; — *Ag*, condotto uditivo esterno; — *Tr*, membrana del timpano; — *H*, martello; *A*, incudine; — *St*, staffa; — *P*, cassa del timpano; — *E*, tromba d'Eustachio; — *Fo*, finestra ovale; — *Fr*, finestra rotonda; — *U*, otricolo; — *Hc*, canale semicircolare; — *S*, sacculo; — *Cr*, canale riunente; — *C*, chiocciola; — *Mr*, membrana di Reissner; — *Ls*, lamina spirale; — *Sm*, scala intermedia; — *Sv*, scala vestibulare; — *St*, scala timpanica; — *N*, nervo acustico; — *Nc*, nervo cocleare.

due ringonfiamenti, uno ovoidale (otricolo) e l'altro sferoidale (sacculo).

Il labirinto membranoso è ripieno di un umore speciale, detto *endolinfa,* in cui nuotano alcune concrezioni calcari, le quali nei pesci formano un pezzo solido di notevole volume, chiamato *otolito* (da οὖς, orecchio, e λίθος, pietra). Tra la parete ossea del labirinto e quella membranosa esiste un altro umore, detto *perilinfa.*

Sulla membrana, che riveste il labirinto, terminano i filamenti del nervo specifico dell'udito, che è quello dell'ottavo paio. Questo nervo, espandendosi, colle sue ultime diramazioni, su di una membrana speciale esistente nella chiocciola, fornisce migliaia di esilissimi filetti nervosi, ad altrettante cellule speciali *(cellule uditive)*, il cui insieme porta il nome di *organo del Corti.* Secondo Helmholz, ciascuna di queste cellule e rispettiva fibrilla nervosa sarebbe dotata della proprietà di vibrare con un periodo speciale, e quindi entrerebbe in vibrazione, quando viene eccitata da una nota che risponde al proprio periodo. In tal modo, quando giunge all'orecchio un suono di altezza e di tempera speciale, nell'organo del Corti si scuoterebbero, oltre le fibre che corrispondono alla nota fondamentale, anche le altre che corrispondono alle diverse armoniche, che sono la causa della tempera del suono. Le fibre, messe in tal modo in vibrazione, trasmetterebbero al cervello le rispettive impressioni, le quali, fondendosi in una sensazione sola, danno la tonalità e la tempera del suono percepito. Questa facoltà di analizzare i suoni si chiama *potere risolutivo* dell'orecchio.

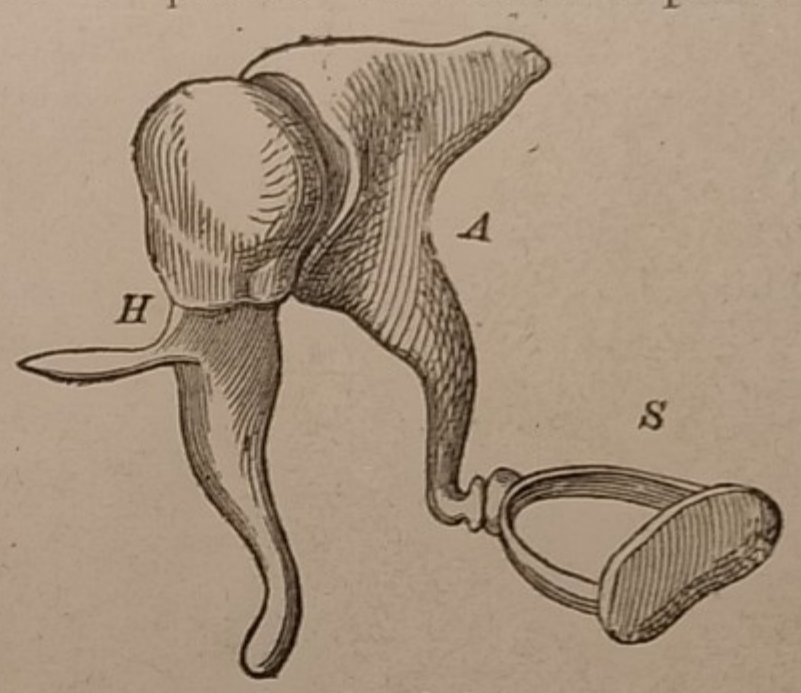


Fig. 109.

Il padiglione è destinato a raccogliere le onde sonore e dirigerle nel condotto uditivo ed alla membrana del timpano, la quale, vibrando, le trasmette all'aria del tamburo ed alla catena degli ossicini uditivi. In tal modo le onde sonore giungono alla finestra ovale, e per essa al liquido contenuto nell'orecchio interno ed al nervo specifico dell'udito.

92. **L'udito nei diversi animali.** — La parte essenziale dell'organo dell'udito è solamente l'orecchio interno. Le tre parti ora descritte esistono solo nell'uomo e nei Mammiferi. Negli

109. — Ossicini dell'udito; *A*, incudine; — *H*, martello; — *S*, staffa.

Uccelli, nei Rettili ed in alcuni Batraci, manca l'orecchio esterno; nei Pesci v'è solo l'orecchio interno, ridotto al semplice vestibolo, cioè ad una capsula o sacco-membranoso, ripiena di un liquido e contenente uno o più otoliti ed il nervo acustico. Un organo uditivo, simile o quello dei Pesci s'è osservato anche nei Molluschi ed in molti Artropodi: nei Crostacei, per esempio, è collocato alla base delle antenne interne. Non si conosce l'organo uditivo di molti animali inferiori, che pure mostrano di percepire i suoni. Finalmente pare che, negli animali più semplici, manchi la facoltà stessa uditiva.

93. **Sensorio della vista.** — L'apparato visivo dei Mammiferi consta di una parte essenziale, che è il *bulbo dell'occhio,* e di diverse *parti accessorie,* che sono le palpebre, le ghiandole lacrimali, parecchi muscoli, ecc.

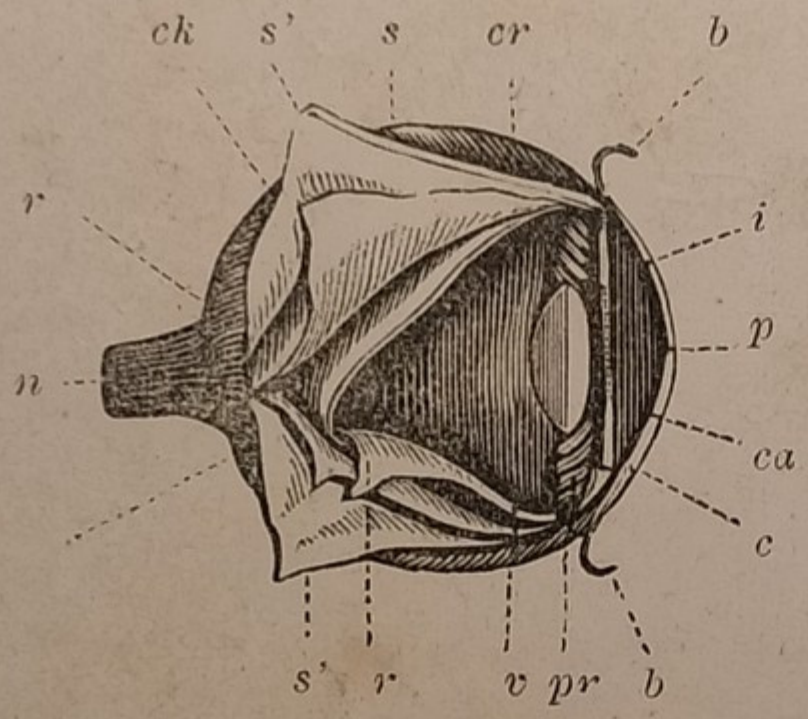


Fig. 110.

Il bulbo dell'occhio (fig. 110) è un corpo quasi sferoidale. Il suo involucro esterno, detto *sclerotica,* è formato da un tessuto connettivo fibroso, bianco ed opaco, ossia che non lascia passare la luce. Sul davanti, la sclerotica presenta un'apertura circolare, la quale è chiusa da una membranella diafana e rigonfia verso l'esterno, come un vetro d'orologio, chiamata *cornea*. Nell'interno dell'occhio, in corrispondenza della cornea, esiste un tramezzo membranoso, chiamato *iride*. Questo diaframma ha colore differente nei diversi individui, e, siccome è opaco, presenta al centro un'apertura circolare, per dar passaggio alla luce: tale apertura si chiama *pupilla,* la quale appare nera per l'oscurità perfetta che vi è nell'interno dell'occhio. L'iride si trova a poca lontananza dalla cornea, e ha lo stesso ufficio del diaframma nella macchina fotografica. Infatti, l'iride è fornita di fibre muscolari, alcune delle quali servono a far dilatare la pupilla, altre a restringerla, secondo che l'occhio si trova nell'oscurità, ovvero esposto a

110. — Globo dell' occhio aperto per vederne l' interno; — *s,* sclerotica; — *s',* porzione della sclerotica rovesciata all' esterno; — *c,* cornea; — *ch,* coroidea; — *r,* retina; — *n,* nervo ottico; — *ca,* camera anteriore dell' occhio; — *i,* iride; — *p,* pupilla; — *cr,* cristallino; — *pc,* processi ciliari; — *v,* umor vitreo; — *bb,* congiuntiva, che, dopo aver coperto la parte anteriore dell'occhio, se ne stacca per tappezzare la parte interna delle palpebre.

luce eccessiva. Concludiamo, che il globo dell'occhio è una camera oscura, nella quale la luce entra per la pupilla, dopo avere attraversato la cornea.

Dietro l'iride vi è il cristallino, e tutta la parte della cavità interna dell'occhio, che sta dietro il cristallino, è occupata dal *corpo vitreo* (fig. 111).

Lo spazio compreso tra il cristallino e la cornea è diviso dall'iride in due camere, denominate *camera anteriore* (quella tra la cornea e l'iride) e *camera posteriore* (quella compresa

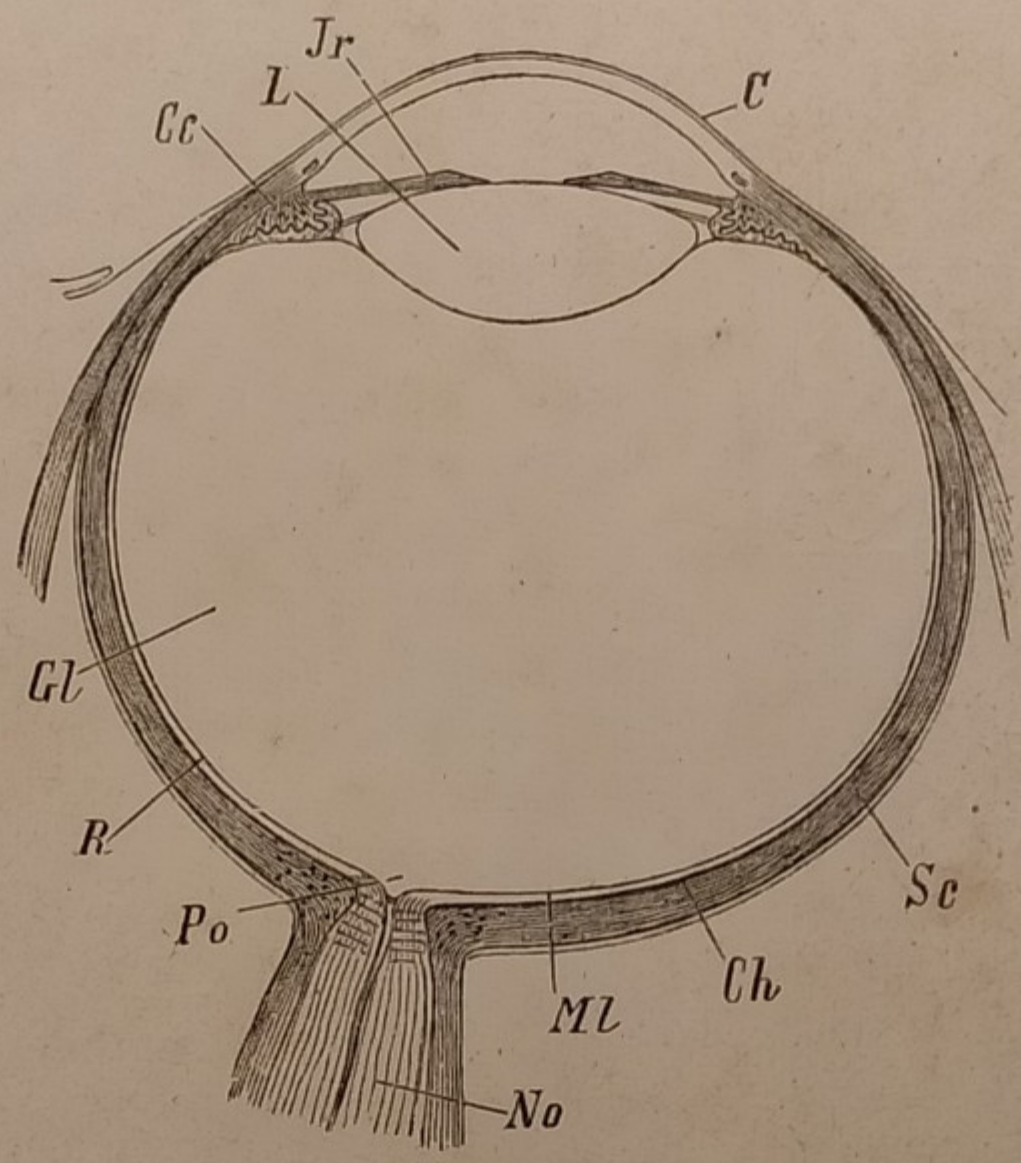


Fig. 111.

tra l'iride e il cristallino). La camera posteriore è in comunicazione con quella anteriore per mezzo della pupilla. Ambedue queste camere sono piene di un liquido trasparentissimo chiamato *umore acqueo,* che pare sia secreto da una membrana posta dietro l'iride, detta *corpo ciliare.* Questa membrana presenta moltissime pieguzze radiali, chiamate *processi ciliari,* i quali circondano l'orlo del cristallino.

Il cristallino, che si trova appena dietro la pupilla, è una lente biconvessa trasparente, racchiusa in un sacchetto membranoso e diafano, detto *capsula del cristallino.* Il cristallino risulta da moltissimi straterelli concentrici, tanto più consi-

111. — Sezione del bulbo oculare dell'uomo; — *C,* cornea; — *L,* cristallino; — *Jr,* iride e pupilla; — *Cc,* corpo ciliare; — *Gl,* corpo vitreo; — *R,* retina; — *Sc,* sclerotica; — *Ch,* coroidea; — *Ml,* macula lutea; — *Po,* punto cieco retinico; *No,* nervo ottico.

stenti quanto più centrali; e ciascuno di questi strati si compone di un gran numero di fibre, i cui lembi si ingranano e si intrecciano gli uni negli altri con mirabile disposizione. La faccia posteriore del cristallino è più incurvata di quella anteriore.

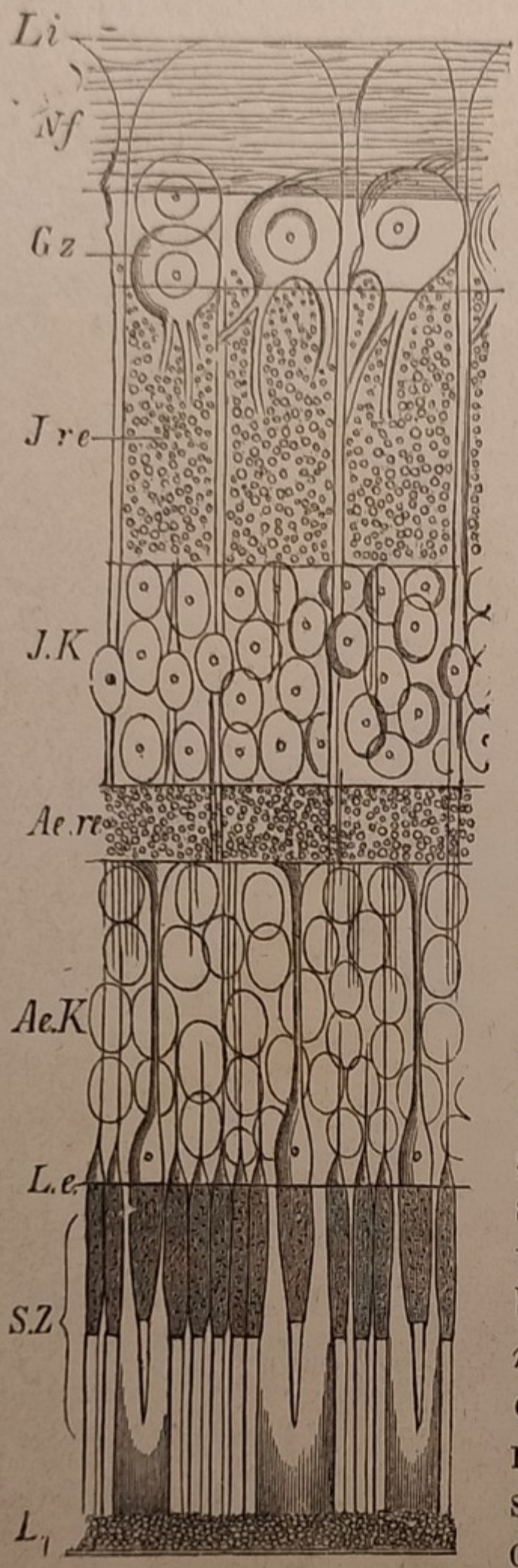


Fig. 112.

Il *corpo vitreo,* che occupa tutta la parte posteriore alla lente cristallina, è un corpo diafano, risultante da una sostanza gelatinosa, simile al bianco d'uovo ravvolto da una membranella sottile, detta *ialoidea.*

La sclerotica internamente è tappezzata da una membrana chiamata *coroide,* impregnata da una materia nera come l'inchiostro, destinata ad assorbire i raggi luminosi, quando hanno attraversato la retina. L'iride si può considerare quasi fosse la continuazione della coroide, colla quale è congiunta per mezzo del *corpo ciliare* (fig. 111 *Cc*).

In fine, il nervo ottico o nervo specifico della vista, che è il II paio dei nervi cranici (fig. 113 *r r*), entra nel globo dell'occhio, nella sua parte posteriore, opposta alla cornea: ed appena entrato, si espande in una membranella molle e bianchiccia, detta *retina,* che si stende tra la coroide ed il corpo vitreo. La struttura della retina è complicatissima, perchè risulta non solo dai filamenti nervosi del nervo ottico, ma anche da elementi connettivi di diversa forma e struttura (fig. 112). Basti dire che, sebbene la retina presenti uno spessore che varia da millim. 0,3 a 0,04 nei diversi punti, pure in essa si possono distinguere almeno nove straterelli di diversa struttura, che sono: 1.° lo strato

112. — Sezione schematica della retina (da Schultze): — *Li,* limitante interna; — *Nf,* fibre nervose; — *Gz;* cellule gangliari; — *Jre,* strato molecolare; — *JK,* strato dei granuli interni; — *Ae, re,* strato intergranulare; — *AeK,* strato dei granuli esterni; — *Le,* limitante esterna; — *SZ,* strato dei coni e bastoncini; — *L,* lamina pigmentale.

dei *coni* e dei *bacilli* o bastoncini; 2.° lo strato della *limitante esterna* (rivolta verso la coroide); 3.° lo strato dei *granuli esterni;* 4.° lo strato *intergranulare*; 5.° lo strato dei *granuli interni;* 6.° lo strato *molecolare*; 7.° lo strato delle *cellule ganglionari;* 8.° lo strato di *espansione delle fibre del nerro ottico;* 9.° lo strato della *limitante interna* (in contatto col corpo vitreo)

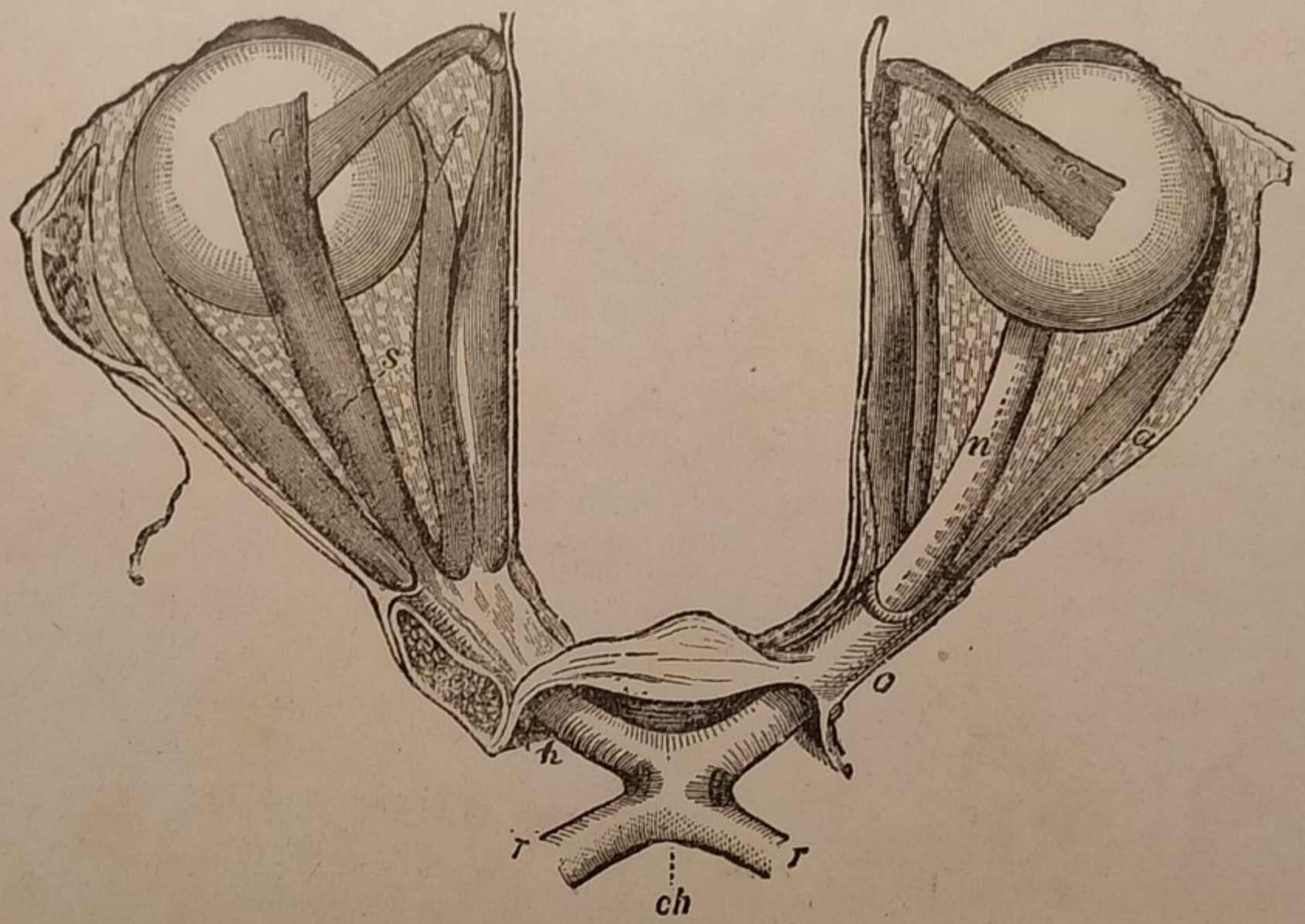


Fig. 113.

Dei nove straterelli, di cui risulta la retina, uno dei più importanti è quello dei *coni* e *bacilli,* e si ritiene che esso sia indispensabile per la recezione del fenomeno luminoso. Infatti si è constatato che nel punto, dove il nervo ottico s'innesta colla retina, e dove mancano, sopra un piccolo tratto discoidale, i coni e i bacilli, la luce non esercita alcuna azione, sebbene non vi manchino le fibre nervose delle altre parti della retina. Perciò tale punto è chiamato *punto cieco retinico.*

La macchia gialla (macula lutea), occupante il centro ottico dell'occhio, sul suo fondo, è la porzione della retina dove si verifica la massima chiarezza della vista diretta; la facolta visiva va diminuendo quanto più le parti retiniche sono lontane da tal punto. Nella macula lutea vi sono soltanto coni retinici, mancando i bacilli.

113. — I due lobi oculari coi loro muscoli motori: *n*, nervo ottico; — *ch*, chiasma; — *o*, forame dell'osso attraverso al quale passa il nervo ottico.

Le *parti accessorie* dell'occhio sono i muscoli (fig. 113) e parecchi organi protettori, cioè le palpebre ed alcune ghiandole.

Gli organi che servono al movimento del globo dell'occhio sono sei muscoletti, fissi colla estremità anteriore alla sclerotica e colla posteriore alle ossa del cranio. Quattro si chiamano *retti* e servono a far ruotare il globo intorno al suo diametro trasversale e verticale; due diconsi *obliqui* e servono a muoverlo intorno ad un diametro antero-posteriore, ossia diretto dalla parte anteriore alla posteriore del globo.

A questi muscoli si deve aggiungere quello che serve come *elevatore della palpebra superiore* e un altro che avvicina le palpebre.

Nei mammiferi il bulbo dell'occhio è difeso dalle *orbite*, formate da pareti ossee (§ 101) e dalle *palpebre* — superiore ed inferiore — che ne coprono tutta la faccia anteriore. La superficie interna della palpepra è tappezzata da una membrana mucosa (detta *congiuntiva*), la quale si estende a coprire tutta la parte anteriore della sclerotica fin dove comincia la cornea trasparente.

S'aggiungono alcuni liquidi, tra i quali il più abbondante è l'*umore lagrimale*, destinato a mitigare gli effetti dannosi del continuo sfregamento, causato dai movimenti dell'occhio.

Le *ghiandole lagrimali* sono due ghiandole a grappolo, simili alle salivari collocate nella parte superiore anteriore ed esterna dell'orbita al disopra del bulbo. Quella parte dell'umore lagrimale, che non evapora, nè viene assorbita, scola nelle fosse nasali per mezzo del *canale nasale*, scavato nelle ossa dell'orbita e delle fosse nasali.

94. **Meccanismo della visione.** — Per intendere il meccanismo della visione, bisogna sapere che i raggi luminosi finchè si propagano in un mezzo omogeneo, camminano in linea retta e cambiano invece direzione, quando passano da un mezzo ad un altro di diversa densità. Questo fenomeno si chiama *rifrazione della luce*. In particolare poi una lente diafana e biconvessa, *rifrange* i raggi luminosi che l'attraversano, in maniera da concentrarli verso l'asse della lente medesima in un punto chiamato *fuoco* della lente. Se, per esempio, si pone dinanzi ad una lente biconvessa di cristallo, e ad una certa distanza da essa, un oggetto illuminato, i fasci di raggi luminosi che partono dall'oggetto attraversando la lente, formano dalla parte opposta un'immagine capovolta, più piccola e più chiara dell'oggetto medesimo. Si intenderà meglio come accada il fenomeno, osservando la fig. 114. Orbene, l'occhio è una

cameretta oscura munita di una lente biconvessa, che è il cristallino. I raggi luminosi, che partono da un oggetto, per esempio da una freccia (fig. 115 *a*, *c*), giunti all'occhio, attraversano la cornea e poi il cristallino, dal quale vengono rifratti e concentrati in modo da formare, al di là di esso, sulla retina

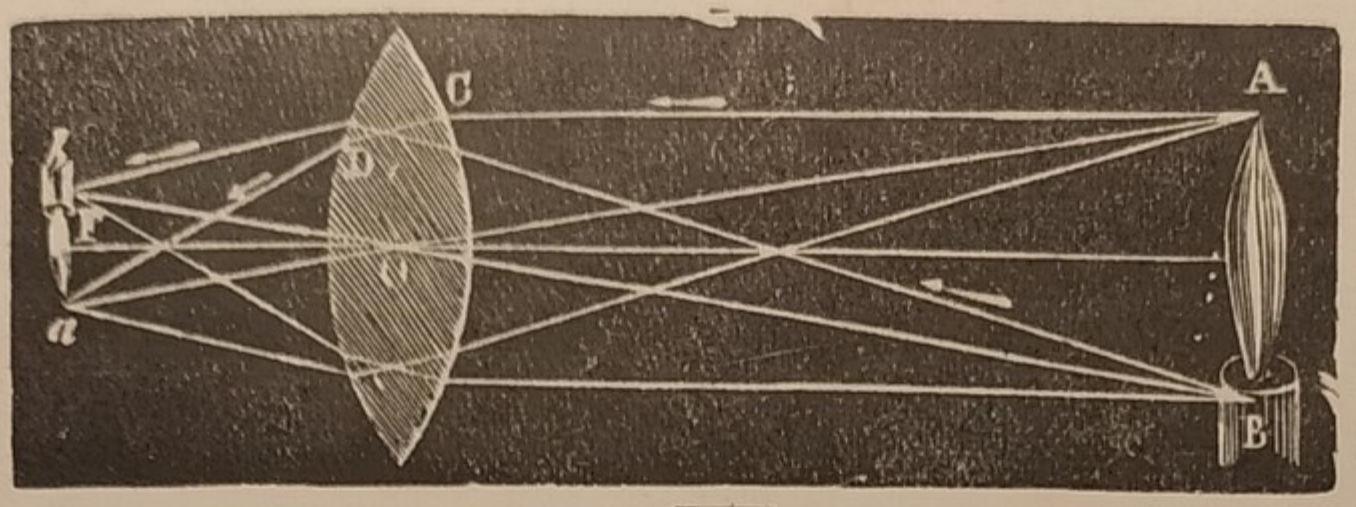


Fig. 114.

un'immagine *reale, capovolta, più piccola e più chiara* dell'oggetto (fig. 115 *db*). Per constatare questo fenomeno direttamente, si prende un occhio di bue o di altro animale voluminoso e si levano gli invogli esterni, lasciando intatta la retina: allora, ponendo l'occhio così preparato innanzi ad un corpo luminoso, per esempio ad una fiamma, si vede distintamente, per trasparenza, formarsi sulla retina l'immagine rovesciata della fiamma.

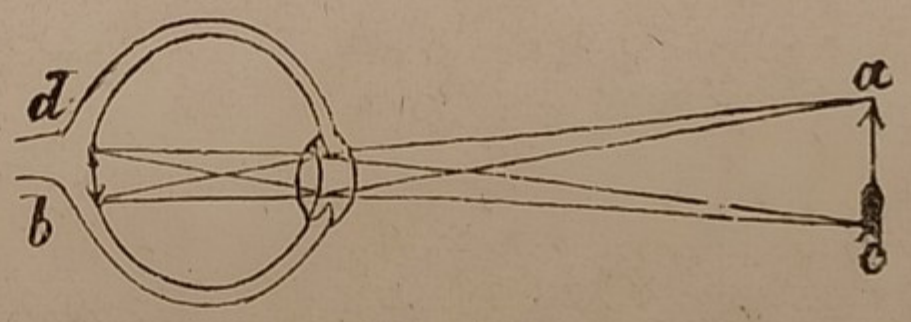


Fig. 115.

Anche la cornea, l'umore acqueo ed il corpo vitreo, coadiuvano il cristallino nel rifrangere e convergere i raggi luminosi sulla retina.

L'occhio ha due facotà di *accomodamento,* cioè: alla quantità di luce, come si è già detto (§ 93) e alla distanza. Questa seconda facoltà consiste in ciò che possiamo far variare la convessità, e quindi la rifrangibilità del cristallino (1) secondo che gli oggetti sono più o meno lontani; poichè nel primo

114. — *AB*, oggetto posto davanti una lente biconvessa; — *O*, centro della lente; — *ab*, immagine reale capovolta e più piccola dell'oggetto. Le frecce indicano il cammino dei raggi luminosi.

115. — Formazione dell'immagine: *ac*, oggetto posto davanti all'occhio; — *bd*, immagine formata sulla retina.

(1) Abbiamo visto (§ 93) che il cristallino è contornato dal corpo ciliare, (fig. 111, *Cc*) al quale aderisce per mezzo di una sottile membranella. Orbene, il corpo ciliare è munito di un muscoletto, per le cui contrazioni questa membranella si rilascia o si contrae, e conseguentemente il cristallino, che è molto elastico, aumenta o diminuisce la propria convessità.

caso i raggi sono poco divergenti e nel secondo sono più divergenti, quindi nel 1.° caso deve diminuire e nel 2.° aumentare la convessità del cristallino, per avere la visione distinta; poichè questa non si ha se non quando l'immagine degli oggetti cade esattamente sulla retina. L'occhio *normale* od *emmetropico* ha la facoltà di *accomodamento* per gli oggetti a grande distanza e per quelli vicini, fino al limite minimo di 12 a 15 cent. (1).

95. **Miopia, Presbiopia e Daltonismo.** — La *presbiopia* o *ipermetropia* è quel difetto dell'occhio per cui si vedono distintamente gli oggetti lontani e solo confusamente quelli vicini. La *miopia* è il difetto contrario. La presbiopia dipende da ciò che l'occhio non ha forza bastante per rifrangere e convergere sufficientemente i raggi luminosi, provenienti dai corpi vicini (i cui raggi sono molto divergenti): onde avviene che tali raggi convergono a formare l'immagine non sulla retina, ma invece un poco dietro di essa. Il quale inconveniente non avrà luogo per i corpi lontani, perchè mandano all'occhio raggi poco divergenti.

La miopia dipende da ciò che l'occhio per eccesso di forza rifrangente delle sue parti o per un difetto nella loro posizione relativa, fa convergere troppo i raggi luminosi, i quali, se provengono da oggetti lontani (che mandano raggi poco divergenti), formano l'immagine davanti alla retina, e quindi non se ne può avere la visione distinta.

Il *daltonismo* o *acromatopsia* è un difetto della vista, per cui non si distinguono bene i colori. Il caso più frequente consiste nella imperfetta valutazione del rosso e delle sue gradazioni; e, secondo Schultze, l'insensibilità al rosso dipenderebbe da eccessivo sviluppo di pigmento giallo, nella regione della *macula lutea*. Nei casi più gravi l'occhio distingue nello spettro solo il giallo, ovvero due colori (bleu e giallo).

96. **Apparato Visivo dei diversi animali.** — In quasi tutti i vertebrati gli occhi sono due e mobili, posti simmetricamente ai due lati della linea mediana del corpo, ed hanno una struttura molto simile a quella che abbiamo descritto per l'uomo.

(1) Le principali regole igieniche, per conservare sano l'organo della vista sono le seguenti: 1.° Non istancare l'occhio con applicazione troppo prolungata nella lettura o in lavori di cose minute; 2.° non leggere con luce scarsa e neppure con luce eccessiva; 3.° quando si scrive o si lavora colla mano destra, ricevere la luce sempre da sinistra ovvero dall'alto; 4.° usare il meno possibile di luce artificiale: 5.° non passare bruscamente dalla troppa luce all'oscurità o viceversa; 6.° non leggere in carrozza o in ferrovia, dove il continuo variare di distanza dello scritto dall'occhio obbliga questo a un lavoro eccessivo per l'accomodamento alla distanza.

In generale, gli Uccelli hanno il cristallino molto appiattito e perciò atto a vedere a grande distanza, come avviene nei presbiti; i Pesci, invece, hanno il cristallino sferico e la loro vista è paragonabile a quella dei miopi. Il globo dell'occhio è relativamente più sviluppato negli animali notturni (Lemuridi, Civette), i quali hanno una retina più estesa ed una pupilla più larga e dilatabile. Gli uccelli di alto volo possiedono una terza palpebra (detta *membrana nittitante*), situata all'angolo interno dell'occhio; e, di più, hanno un muscoletto, detto *pettine,* che agendo sul cristallino, rende molto estesa la facoltà di accomodamento alle distanze.

I Molluschi presentano l'occhio perfetto quasi quanto quello dei Pesci; ma in tutti gli altri invertebrati l'organo visivo è ridotto alle parti più essenziali, cioè: una cornea sul davanti, cui segue un cristallino e, dietro a questo, una retina e poi uno strato tinto da pigmento nero.

Negli Artropodi poi si distinguono gli *occhi semplici* od *ocelli,* muniti di un sol cristallino, che sono sempre fissi e, generalmente in numero maggiore di due, e gli *occhi composti* o *faccettati,* che non sono mai più di due e relativamente assai grandi, ora fissi (Farfalle, Mosche, ecc.) ora portati da un peduncolo e mobili (nei Gamberi) e risultano da molti occhi semplici, posti l'uno a fianco all'altro, ciascuno dei quali presenta il cristallino, l'umore vitreo, la retina e lo strato a pigmento nero, ma tutte queste parti sono compresse tra loro in modo da prendere la forma di un bastoncino o di una piramide esagona (1).

Nei Vermi Celenterati, ecc., esistono gli occhi, ma molto più semplici di quelli degli Artropodi. Infine, secondo alcuni zoologi, esistono organi visivi rudimentali anche nei Protozoi.

3. Locomozione

97. Locomozione in generale. — La locomotività è la facoltà che hanno gli animali di muovere spontaneamente le diverse parti del proprio corpo e di trasportarsi da un luogo ad un altro.

I modi principali di locomozione sono: il cammino od incesso, il salto, il volo, il nuoto, lo strisciamento.

(1) Secondo moderne ricerche, l'occhio faccetatto degli artropodi non sarebbe veramente composto, ma differirebbe dall'occhio semplice, perchè presenta le sue parti fondamentali molto differenziate e specialmente la cornea divisa in un numero più o meno grande di piccole cornee lenticolari.

Molti animali inferiori (i Coralli, le Ostriche, ecc.), si chiamano *animali fissi*, perchè muovono le parti del corpo, ma non possono trasportarsi da un luogo ad un altro.

Per esempio, l'Idra d'acqua dolce, il Corallo rosso, le Attinie vivono aderenti ai corpi sommersi nell'acqua, muovono però i loro numerosi tentacoli per afferrare gli animaletti marini di cui si cibano (fig. 24).

La facoltà di muoversi dipende dalla *contrattilità*, ossia dall'attitudine che hanno certi tessuti di raccorciarsi istantaneamente e poi tosto di distendersi. Eccettuati gli animali più semplici, in cui pare che tutte le parti del corpo siano dotate di contrattilità, negli altri animali, questa facoltà è speciale del *tessuto muscolare* (§ 7). In generale poi esistono nel corpo degli animali parti dure ed articolate tra loro, le quali servono come punto di appoggio ai muscoli per compiere i movimenti.

I muscoli, dunque, rappresentano la *parte attiva* dell'apparato motore, e le parti dure, quando esistono, la *parte passiva*. A costituire la parte attiva concorrono, però, anche i *nervi efferenti*, che, come già dissi, sono necessari per determinare la contrazione dei muscoli (§ 76).

98. **Apparato locomotore negli animali inferiori.** — Nei Vermi la parte passiva dell'apparato motore non è formata da parti dure, ma dal tegumento molle del corpo, raccorciando ed estendendo il quale l'animale si trasporta da un luogo all'altro. Anche le Lumache e gli altri Molluschi gasteropodi strisciano per mezzo di una massa carnosa, che hanno al ventre.

Esistono infine animali semplicissimi (Protozoi), nei quali manca un tessuto muscolare distinto. Molti di questi animali eseguiscono tuttavia movimenti svariatissimi e vivacissimi, per mezzo di prolungamenti filiformi, detti *ciglia vibratili* o *motili*, di cui è munita la superficie del loro corpo (figura 116).

99. **Scheletro in generale.** — Si chiama scheletro l'insieme delle parti dure del corpo di un animale: esso è destinato a proteggere le parti molli ed a servire come parte passiva dell'apparato motore. Nei vertebrati, lo scheletro è formato dalle ossa (§ 6), ed essendo collocato nell'interno del corpo, prende il nome di *endoscheletro* (fig. 117). Lo scheletro degli Insetti e di altri invertebrati (es.: Echinodermi) è esterno, e si chiama *esoscheletro* o *dermascheletro*, perchè è formato dalla pelle indurita.

Lo scheletro dei vertebrati, oltre essere destinato alla locomozione, dà al corpo la sua configurazione generale e serve di appoggio e di difesa a tutti i visceri più delicati dell'organismo e specialmente alle parti centrali del sistema nervoso.

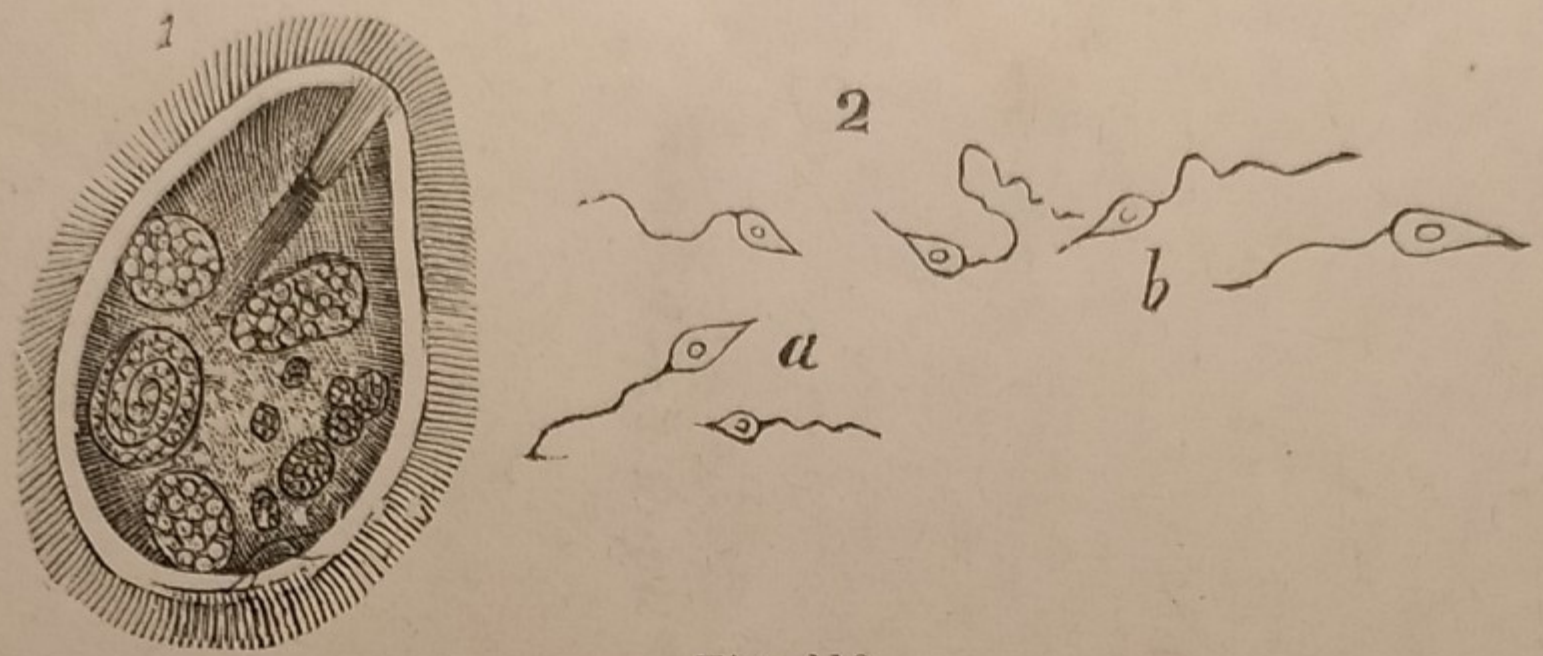


Fig. 116.

Perciò si chiama anche *neuroscheletro;* tuttavia, per brevità, si usa chiamarlo semplicemente *scheletro*. Di esso soltanto dobbiamo per ora occuparci.

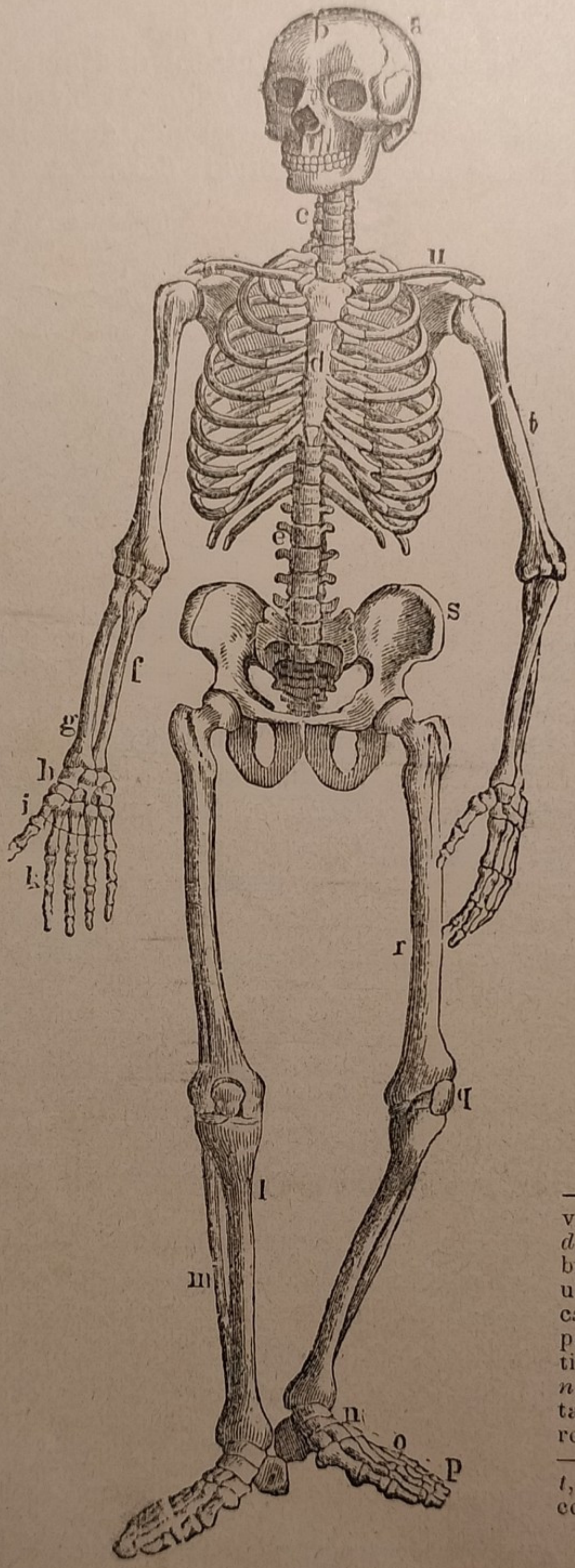
100. **Articolazione.** — Il punto, dove si connettono tra loro due, o più ossa dello scheletro si chiama *articolazione,* la quale può essere *immobile,* ovvero *mobile*. Nel primo caso, le ossa sono articolate per *semplice sovrapposizione,* ovvero per *sutura,* cioè per mezzo di parti sporgenti e rientranti connesse tra loro. Nel secondo caso, le ossa sono tenute a mutuo contatto dai così detti *legamenti,* che sono membrane o cordoni di tessuto connettivo-fibroso, tenaci ed assai robusti.

Nelle articolazioni mobili le parti delle ossa, dove esse si trovano reciprocamente a contatto, sono arrotondate, levigate o ricoperte da una cartilagine incrostante, e da una membrana detta *sinoviale,* perchè secerne un liquido vischioso e lubrificante, detto *sinovia,* destinato a sminuire gli effetti nocivi degli attriti (fig. 118).

101. **Cranio e faccia.** — Lo scheletro dei Vertebrati suol essere diviso in tre parti: *testa, tronco* ed *estremità*.

Nella testa bisogna distinguere il *cranio,* la *faccia* e lo *scheletro viscerale*. Il primo è una specie di scatola, che racchiude e difende il cervello ed il cervelletto, e che occupa la parte superiore e posteriore del capo. Il cranio risulta da 8 ossa piatte, che si articolano fra loro, per mezzo di suture (§ 100). Le 8 ossa sono: sul davanti, l'osso *frontale;* sui lati e

116. — Protozoi muniti di ciglia motili: 1, *Paramaecium;* — 2, *Cercomonas intestinalis.*



117. — *a*, parietale; — *b*, frontale; — *c*, vertebre cervicali, — *d*, sterno; — *e*, vertebre lombari; — *f*, ulna; — *g*. radio; — *h*, carpo; — *i*, metacarpo; — *k*, falangi; — *l*, tibia; — *m*, fibula; — *n*, tarso; — *o*, metatarso, — *p*, dita; — *q*, rotella; — *r*, femore; — *s*, osseo iliaco; — *t*, omero; — *u*, clavicola.

Fig. 117. — Scheletro dell'uomo.

superiormente le due ossa dette *parietali;* inferiormente e di dietro l'*occipitale;* lateralmente ed inferiormente alle parietali, le due *ossa temporali;* in basso poi e verso il centro, lo *sfenoide,* che agendo come una chiave di vôlta, tiene insieme tutte le ossa del cranio; e finalmente l'*etmoide,* osso impari e tutto bucherellato, che si incastra fra il frontale ed il corpo dello sfenoide. Nella sua base il cranio presenta molti fori, che servono al passaggio dei vasi sanguigni e dei nervi; fra tutti, il più rimarchevole è il *foro occipitale,* per cui esce dalla cavità cranica il midollo spinale, ed al quale si adatta e si articola la vertebra atlante, per mezzo di due sporgenze, chiamate *condili* che si alzano ai lati del foro occipitale.

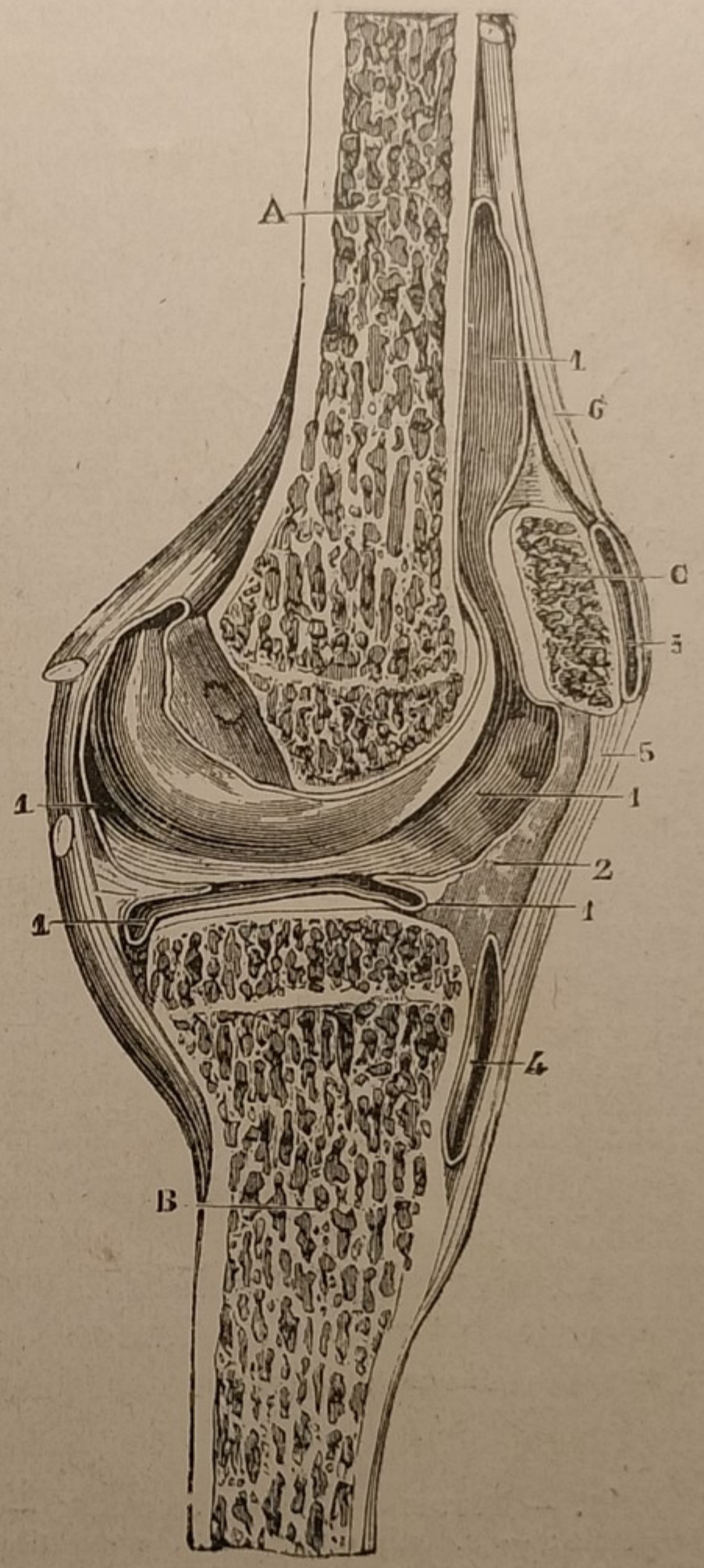


Fig. 118.

La *faccia* è formata dalle due mascelle, *superiore* ed *inferiore;* la prima risulta di 13 ossa, che sono: le due ossa *mascellari superiori,* che la costituiscono quasi per intero; dietro a queste, le due ossa *palatine,* che completano la vôlta del palato; poi due *zigomatiche,* che servono di contrafforte fra le ossa della faccia e quelle del cranio e compiono lateralmente le orbite; entro queste i due ossicini *lacrimali;* e finalmente 5 ossa appartenenti al naso, che sono esternamente le 2 ossa *nasali,* ed internamente, le due ossa *turbinate* ed

118. — Articolazione del ginocchio nell'uomo (sezione); *A*, femore; — *B*, tibia; — *C*, rotula; 1, sinoviale dell'articolazione femoro-tibiale; 2, tessuto adiposo; 3, sinoviale della rotula; 4, sinoviale pretibiale; 5, legamento della rotula; 6, legamento anteriore.

il *vomero*. La mascella inferiore è formata da un osso solo (fig. 119), che si articola alle due ossa temporali, e nell'uomo è il solo pezzo mobile della testa.

Finalmente, lo *scheletro viscerale* è nei Mammiferi ridotto la solo *osso joide,* che serve per punto d'appoggio alla lingua ed ai suoi muscoli (v. fig. 106, A); e nei Pesci è rappresentato dagli archi branchiali.

Per determinare il rapporto che esiste tra il volume del cranio e lo sviluppo della faccia, si misura *l'angolo facciale* di Camper, il quale si ottiene tracciando una linea retta orizzontale *co* (fig. 119), che passi pel foro uditivo esterno e pel pavimento delle fosse nasali, e su questa linea facendo cadere un'altra retta *ab,* tangente alla fronte ed ai denti incisivi. È evidente che l'angolo così formato sarà tanto più acuto, quanto più sarà depressa la fronte (e quindi piccola la cavità cranica e sporgente, invece, la faccia (prognatismo). Fra le differenti razze umane, l'angolo facciale è notevolmente maggiore in quelle più elevate e più intelligenti. Infatti nelle teste degli europei è di 80 gradi e più, in quelle dei negri scende fino a 70. La capacità del cranio può variare da 1950 cmc. (crani macrocefali) fino a 1228 cmc. (crani microcefali della razza australiana). In media, negli europei, la capacità cranica è di 1500 cmc. (1).

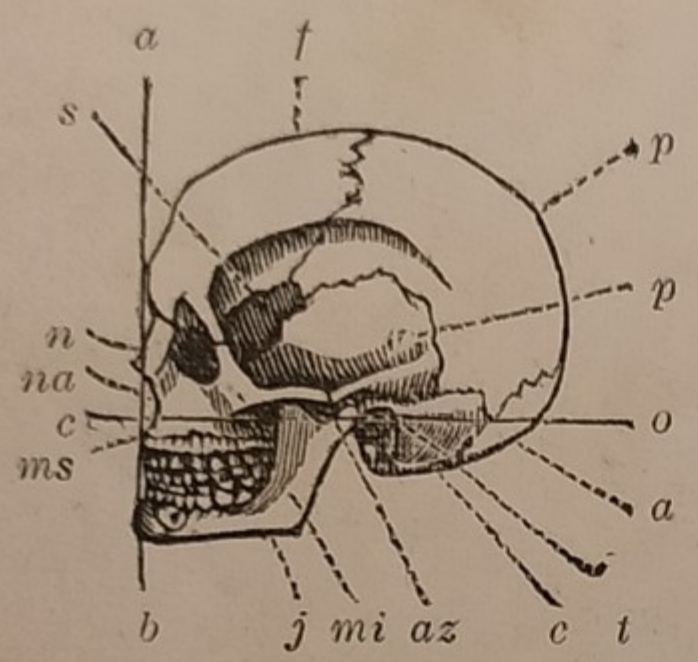


Fig. 119.

102. **Vertebre e colonna vertebrale.** — La parte più importante del tronco ed anche dell'intero scheletro è la *colonna vertebrale,* la quale serve di sostegno a tutte le altre parti.

119. — Testa: — *f,* osso frontale; — *p,* parietale; — *t,* temporale; — *o,* occipitale; — *s,* sfenoide; — *n,* osso nasale; — *ms,* mascellare superiore; — *j,* osso zigomatico; — *mi,* mascellare inferiore; — *na,* fosse nasali; — *ta,* foro uditivo esterno; — *az,* arco zigomatico; — *ab,* e *co,* linee rette formanti l'angolo facciale.

(1) La forma del cranio umano, in generale, è ovale, e si chiama *indice cefalico* il rapporto tra la larghezza cranica, misurata dal diametro massimo trasversale, e la lunghezza del diametro antero-posteriore (dalla fronte all' occipite). Siccome tale rapporto è sempre minore di 1, si conviene di moltiplicarlo per 100. Quando questo rapporto è piccolo, il cranio appare allungato e schiacciato lateralmente, cioè *dolicocefalo*. Per es., è minimo nei Groenlandesi (circa 71). Quando l'indice cefalico è grande, come nei Lapponi, nei quali raggiunge circa 85, il cranio è *brachicefalo*; infine quando è medio (77 a 80) i crani diconsi *mesaticefali*.

Essa risulta dalla sovrapposizione di tante piccole ossa foggiate ad anello dette *vertebre*.

In ciascuna vertebra si distingue una parte principale, discoide, che costituisce il *corpo della vertebra* (fig. 121), dal quale si dipartono due lamine, foggiate ad arco, saldate tra loro in modo da formare un anello terminante, dalla parte opposta al corpo della vertebra, con un'appendice detta *apofisi spinosa*, che serve a dare attacco ai muscoli. Questi anelli, sovrapponendosi, formano il *canale vertebrale*, destinato a contenere il midollo spinale. Ogni vertebra presenta lateral-

Fig. 120.

mente due appendici, dette *apofisi trasverse* (una a destra e l'altra a sinistra) e quattro *apofisi articolari* (due per parte). Per formare la colonna vertebrale, le vertebre si articolano fra di loro sia per mezzo delle apofisi trasverse ed articolari, sia per mezzo del corpo stesso della vertebra, il quale è così fatto, che di due superfici vertebrali contigue, l'una è leggermente concava e l'altra convessa.

Nella colonna vertebrale (fig. 122) si distinguono 5 regioni: la 1.ª è la *cervicale*, che corrisponde al collo ed è composta di 7 vertebre; la 2.ª è la ragione *dorsale* o toracica, composta di 12 vertebre, a cui sono articolate altrettante paia di coste; la 3.ª è la regione *lombare*, che corrisponde all'addome e risulta da 5 vertebre, più grosse delle precedenti; la 4.ª è

120. — Cranio umano: 1, osso frontale; 2, parietale; 3, temporale; 4, occipitale; 5, lacrimale; 6, nasale; 7, etmoide; 8, mascellare superiore; 9, zigomatico; 10, sfenoide; 11, mascellare inferiore.

la *sacrale*, composta di un unico osso, detto *l'osso sacro*, risultante dalla saldatura di 5 vertebre; la 5.ª è la regione *coccigea o caudale*, che nell'uomo risulta da poche vertebre rudimentali, dette, nel loro insieme, coccige. Questa parte, in quasi tutti gli altri Mammiferi, prende molto sviluppo e costituisce la coda.

La prima vertebra cervicale è detta *atlante*, perchè sostiene la testa, e non ha corpo, avendo la forma d'un semplice anello: la seconda è detta *epistrofeo*, e presenta superiormente una sporgenza conica, intorno alla quale può rotare l'atlante e quindi la testa cui è unita.

Le costole sono ossa lunghe, foggiate ad arco, le quali posteriormente sono articolate, due a due, alle apofisi trasverse delle 12 vertebre dorsali. Le prime 7 costole, sul davanti, vengono a congiungersi, per mezzo di cartilagini, ad un osso impari, detto *sterno*, collocato di fronte alla regione dorsale della colonna vertebrale. Le altre 5, dette *costole false*, si articolano per mezzo di cartilagini alle costole soprastanti. La cavità conica, che resta in tal modo circoscritta dalla colonna vertebrale, dalle coste e dallo sterno, chiamasi *torace o petto* (fig. 58 e 117).

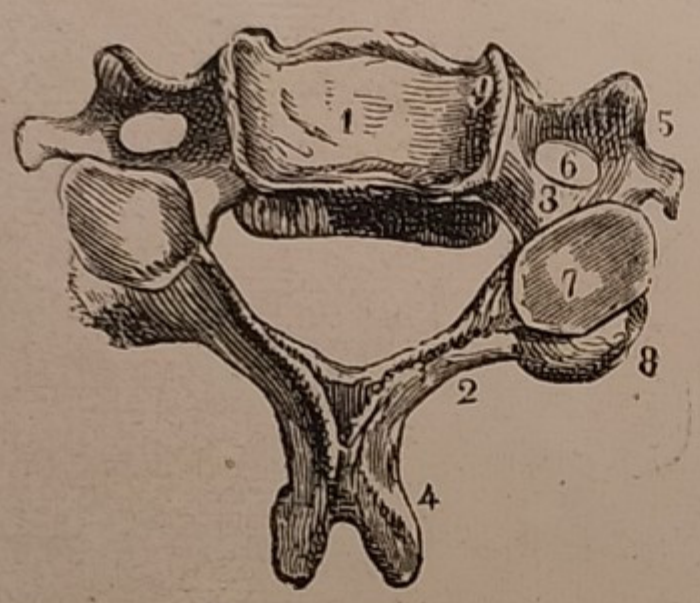


Fig. 121.

103. **Estremità od arti.** — Nei vertebrati le estremità non sono mai più di quattro. Quelle anteriori (*superiori*, nell'uomo) si chiamano *toraciche*, e quelle *posteriori* (*inferiori* nell'uomo si chiamano *addominali*.

Le due *estremità toraciche* constano di 64 ossa e presentano quattro parti; *spalla, braccio, avambraccio* e *mano*. La spalla, che forma la *base o cingolo* dell'arto, risulta dall'*omoplata o scapola*, che è un grande osso piatto, quasi triangolare, collocato sulle coste, alla parte superiore ed esterna del dorso; e dalla *clavicola*, che è un osso lungo, cilindrico, leggermente arcuato, collocato alla base del collo e trasversalmente alla parte superiore del petto. Essa si articola da una parte colla scapola e dall'altra collo sterno (fig. 123),

121. — Vertebra cervicale: 1, corpo della vertebra; 2, lamina; 3, peduncolo; 4, apofisi spinosa biforcata; 5, apofisi trasversa biforcata; 6, foro per cui passa l'arteria vertebrale; 7, apofisi articolare superiore; 8, apofisi articolare inferiore.

Nel *braccio* vi ha un solo osso, detto *omero*, che si articola superiormente colla scapola ed inferiormente coll'avambraccio. Quest'ultimo, poi, consta di due ossa, che sono: all'interno(1), il *cubito* od *ulna*, e all'esterno (cioè dalla parte del pollice), il *radio*, il quale puo ruotare insieme alla mano, con cui al basso è articolato. L'*ulna* presenta una appendice detta apofisi *olecrano*, la quale impedisce che l'avambraccio proceda oltre, quando si è posto in linea retta col braccio.

Nella mano si distinguono tre parti. La prima, chiamata *carpo*, segue immediatamente dopo l'avambraccio ed è composta di 8 piccole ossa brevi, strettamente congiunte fra loro da legamenti. Si veda la forma ed il nome di questi ossicini nella fig. 124. Al carpo segue il *metacarpo*, fomato da 5 piccole ossa lunghe, 4 delle quali sono riunite fra di loro immobilmente e costituiscono il palmo della mano; ed il quinto, a cui sono attaccati due ossicini formanti il pollice, è libero; perciò quest'ultimo si può muovere ed opporre alle altre dita. A ciascuna delle 4 ossa del metacarpo, saldate assieme, seguono 3 ossicini articolati fra loro, che formano le dita, e si chiamano *falangi* quelle più vicine al metacarpo, *falangine* quelle di mezzo e *falangette* le altre.

Ciascuno degli *arti inferiori* consta di quattro parti, che sono: *anca*, *coscia*, *gamba*, *piede*, corrispondenti per la struttura e per la posizione alle quattro parti delle estremità toraciche. L'*osso innominato*, che forma l'*anca*, è la base dell'arto, e risulta dalla fusione di tre ossa:

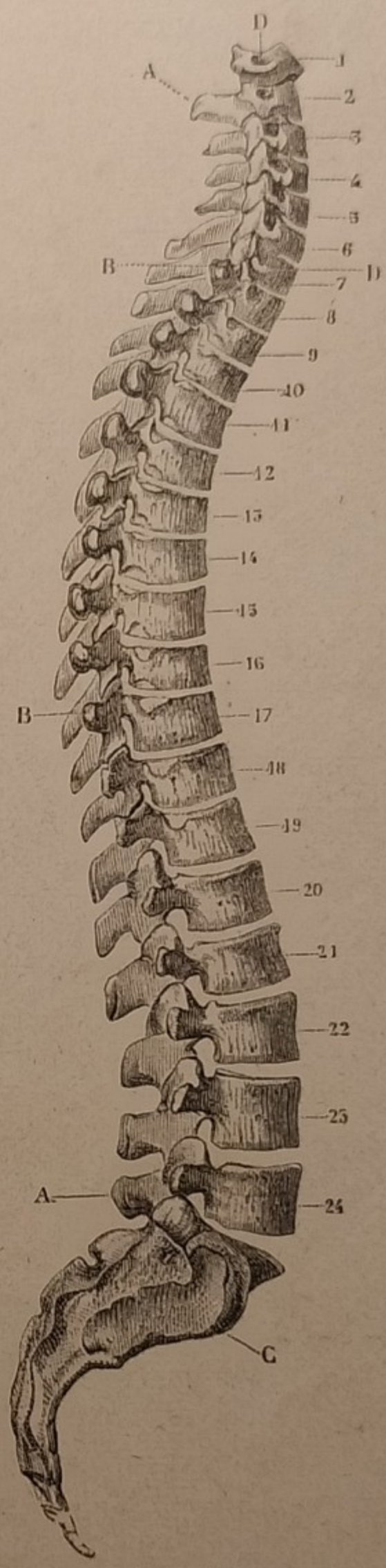


Fig. 122.

122. — Colonna vertebrale: *A*, apofisi spinosa; — *BB*, faccette articolari delle apofisi trasverse dorsali; — *C*, faccetta articolare del sacro; *D*, canale delle apofisi trasverse, destinato al passaggio dell'arteria vertebrale; 1 a 7, vertebre cervicali; 8 a 19, vertebre dorsali; 20 a 24, vertebre lombari.

(1) Quando il palmo della mano sia rivolto all'innanzi come è il braccio destro dello scheletro rappresentato nella fig. 117.

ileo, *ischio* e *pube*. Le due ossa innominate, insieme al sacro, a cui sono unite posteriormente, costituicono una specie

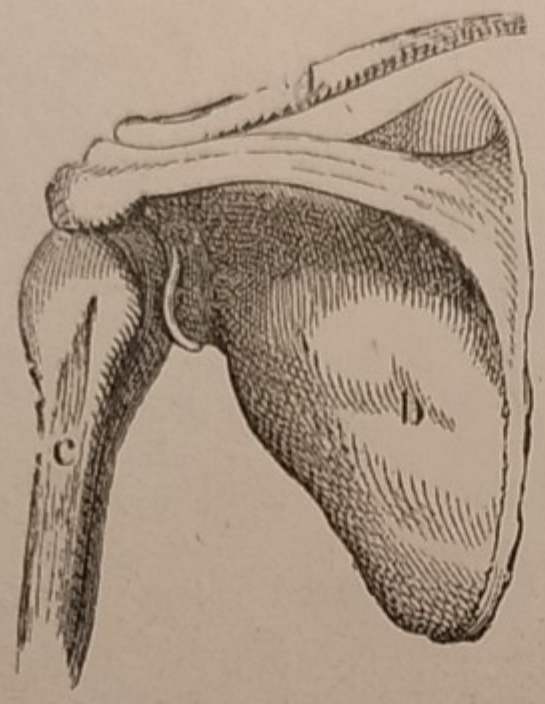


Fig. 123.

Fig. 124.

di recipiente osseo, avente forma di catino, detto *bacino* o *pelvi*, il quale contiene e sostiene i visceri addominali.

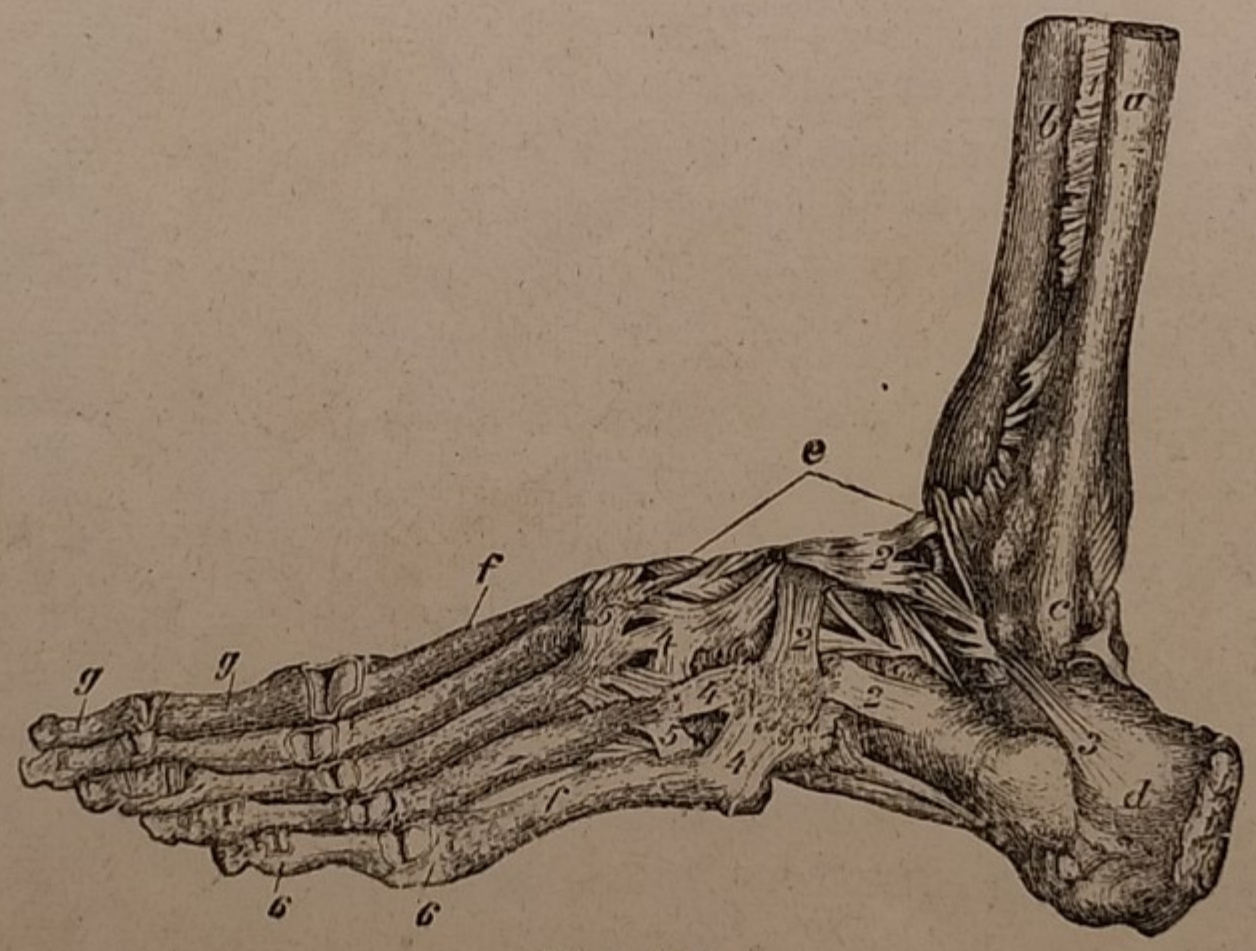


Fig. 125.

La *coscia* consta di un solo osso (il più voluminoso di tutti), detto *femore*, il quale, superiormente, si articola all'osso inno-

123. — Cingolo scapolare: *a*, clavicola; — *b*, scapola; — *c*, omero.
124. — Carpo e sua articolazione coll'avambraccio; — R, estremità inferiore del radio; — *U*, dell'ulma; — *S*, scafoide; — *L*, semilunare; — *C*, cuneiforme; — *P*, pisiforme; — *T*, trapezio e trapezoide; — *M*, osso massimo o grande osso del carpo; — *U* 5, osso uncinato od unciniforme; — 1, 2, 3, ossa del metacarpo.
125. — Piede coi legamenti: *a*, fibula; — *b*, tibia; — *c*, malleolo esterno; — *d*, calcagno; — *e*, tarso; — *f*, metatarso; — *g*, falangi; 1-6 legamenti.

minato, per mezzo d'un'apofisi sferica (testa del femore); ed inferiormente, si articola colla gamba. Questa è formata da due ossa; l'uno, più grosso, trovasi dal lato interno sul davanti e si chiama *tibia;* l'altro molto più piccolo, trovasi dal lato esterno e dicesi *fibula* o *perone.* Dove il femore si articola colla gamba per formare il ginocchio trovasi un ossicino, detto *rotula* che fa lo stesso ufficio dell' apofisi olecrano degli arti superiori.

Nel *piede* (fig. 125) si distinguono il *tarso* ed il *metatarso,* che formano la pianta del piede, e le *dita.* Tutte queste parti risultano di ossa simili alle parti corrispondenti della mano; si noti, però, che il pollice non è opponibile alle altre dita; e che le ossa del tarso sono soltanto sette, e uno di essi, chiamato *calcagno,* è molto più voluminoso degli altri, e, per la sua posizione, serve di base al nostro corpo, quando questo poggia verticalmente sul piede.

104. **Variazione dello scheletro nelle classi dei Vertebrati.** — Lo scheletro descritto è quello dell'uomo. Molto simile è pure quello di tutti i Mammiferi, come mostra la fig. 126, che rappresenta lo scheletro d'un Cammello. Anche nelle altre classi di Vertebrati lo scheletro è sempre fatto sul medesimo tipo: *alcune parti tuttavia possono mancare,* ovvero essere profondamente modificate, per renderle adatte alla vita speciale dell'animale; raramente se ne *aggiungono di nuove,* come le pinne impari nei Pesci. Per esempio, nell'ala di un uccello o nelle pinne pari di una Foca o di un Pesce, si riscontrano ossa corrispondenti a quelle degli arti dell'Uomo, come si rileva confrontando accuratamente le figg. 127 e 128 collo scheletro dell'uomo (fig. 117), o con quello del Cammello (fig. 126).

Le principali modificazioni, che presenta lo scheletro nella serie dei Vertebrati, si possono ridurre ai casi seguenti:

1.° *Certe ossa, che in taluni vertebrati sono distinte nel loro primo apparire e poi si saldano colle ossa vicine, in altri si mantengono sempre separate e distinte.* Per esempio, l'osso, che porta i denti incisivi superiori, nell' uomo ed in alcune scimmie si salda presto colle due ossa mascellari superiori: in tutti gli altri Mammiferi, invece, rimane distinto per tutta la vita e si chiama *osso intermascellare.*

2.° *Certe ossa, fisse in alcuni animali, diventano mobili in altri.* Così, nei mammiferi è mobile la sola mascella inferiore; nei Serpenti, invece, lo è in grado leggero anche quella superiore, la quale, insieme all'osso intermascellare, diventa poi perfettamente mobile in molti Pesci. Negli Uccelli

e nei Rettili la mascella superiore è pure mobile e quella inferiore è unita al cranio per mezzo dell'*osso quadrato*. Infine

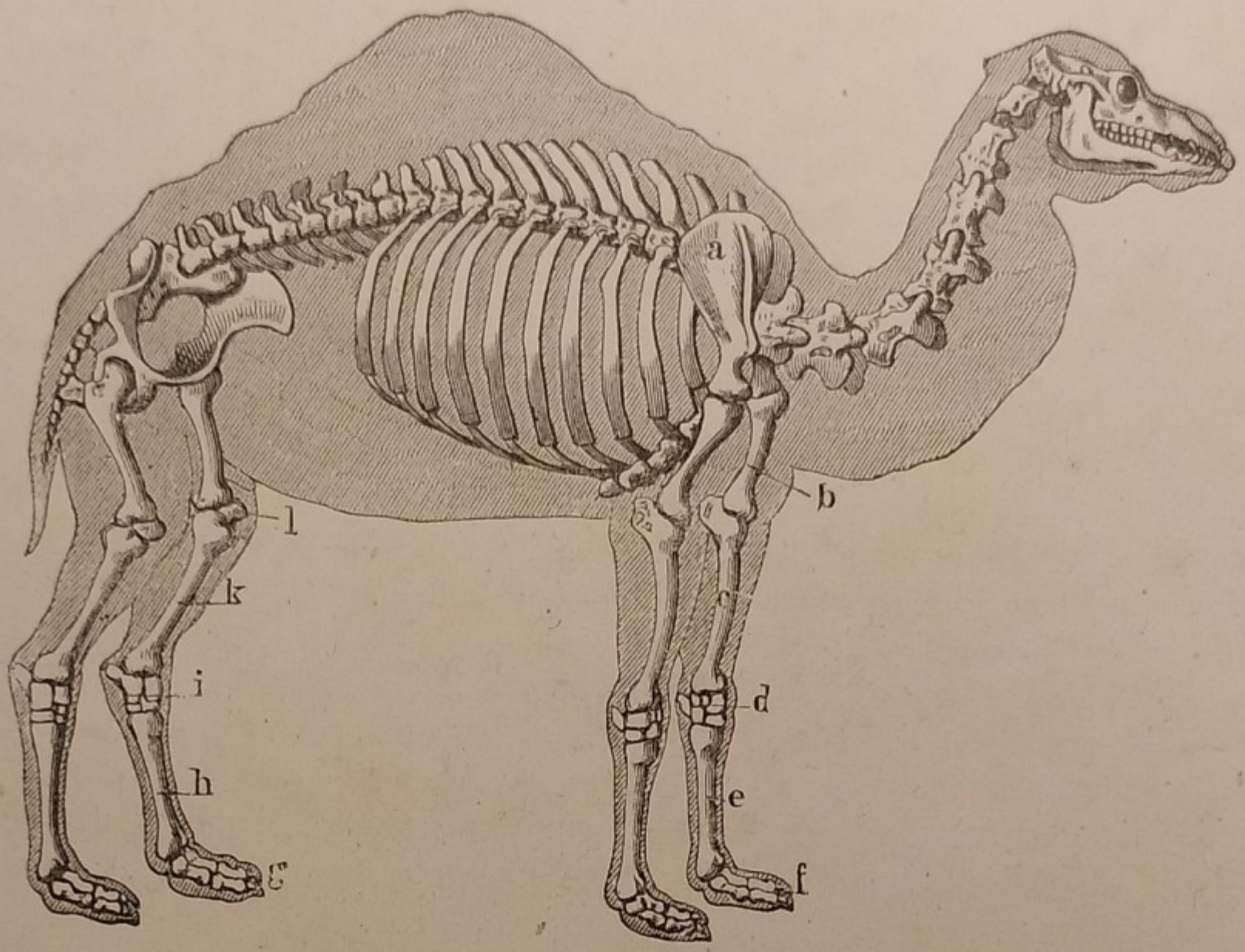


Fig. 126.

nei Serpenti, le ossa della mascella inferiore non sono saldate anteriormente, perciò la loro bocca è *dilatabile*.

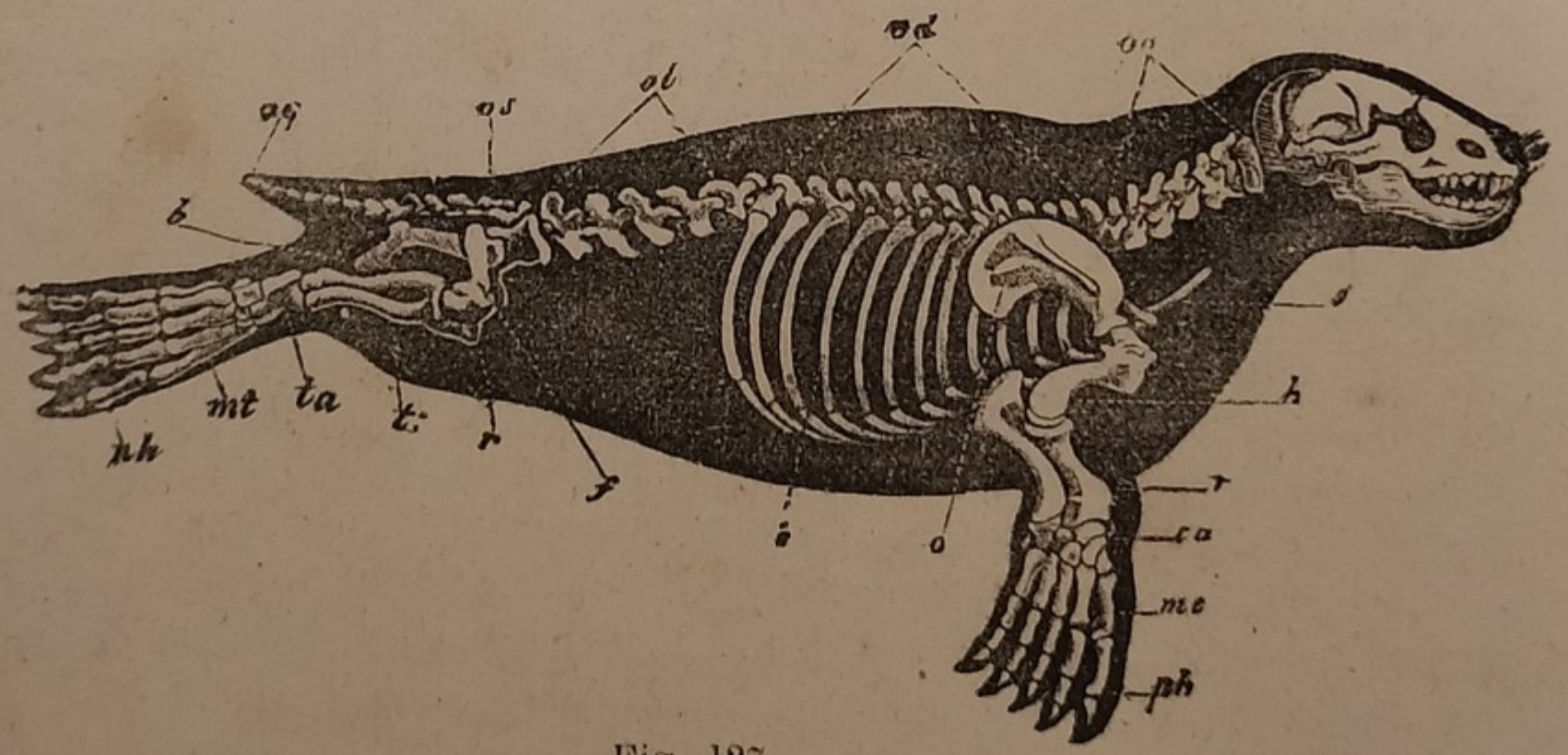


Fig. 127.

126. — Scheletro di Cammello (*Camelus dromedarius*): *a*, scapola; — *b*, omero; — *c*, radio; — *d*, carpo; — *e*, metacarpo; — *f*, dita; — *g*, dita del piede posteriore; — *h*, metatarso; — *i*, tarso; — *k*, tibia; — *l*, rotula.

127. — Scheletro di Foca: *s*, sterno; — *o*, scapola — *h*, omero; — *r*, radio; *ca*, carpo; — *mc*, metacarpo; — *ph*, dita; — *c*, coste; — *f*, femore; — *r*, rotula; — *t*, tibia; — *ta*, tarso; — *mt*, metatarso; — *b*, bacino; — *vc*, vertebre cervicali; —*vd*, dorsali; — *vl*, lombari; — *vs*, sacrali; — *vq*, caudali.

3.° *Ossa ordinariamente molto sviluppate in numero ed in dimensioni possono essere impiccolite o ridotte da un numero minore, ad un solo osso, ed infine anche scomparire.* Questa tendenza si osserva nelle ossa degli arti, ma non in

Fig. 128.

quelle dell'asse cranio-vertebrale, nel quale domina, invece, la tendenza opposta. Vediamo, per esempio, il metacarpo ed il metatarso formati da varie ossa nell'uomo, nelle scimmie, nei carnivori, ecc., ridursi nel cavallo e nei ruminanti ad un solo

128. — Scheletro di Passero: *a*, sterno carenato; — *b*, clavicole (forchetta); — *c*, scapola; — *d*, coracoide; — *e*, omero; — *f*, ulna; — *g*, radio; — *h*, metacarpo; — *i*, pollice; — *k*, due dita; — *l*, bacino; — *m*, pigostilo; — *n*, femore; — *o*, tibia; — *p*, fibula rudimentale; — *q*, calcagno; — *r*, tarso.

osso cilindrico, detto *cannone* (fig. 129). Similmente avviene nel tarso e nel piede degli Uccelli. Invece il numero delle vertebre è molto maggiore nei Rettili che nei Mammiferi. Negli Uccelli è grande il numero delle vertebre cervicali ed oltre le clavicole (che formano la forchetta) hanno molto sviluppate le ossa *coracoidi*. Nelle specie acquatiche le riduzioni nelle ossa degli arti si verificano preferibilmente negli arti posteriori: viceversa nei terrestri. Per esempio, nei Delfini e nelle Balene gli arti posteriori mancano affatto; sono invece molto sviluppati nei Canguri. Le ossa del bacino e di tutto l'arto posteriore nei Pesci sono ridotte ad un osso solo, che sostiene le pinne ventrali, e scompaiono affatto nelle Anguille.

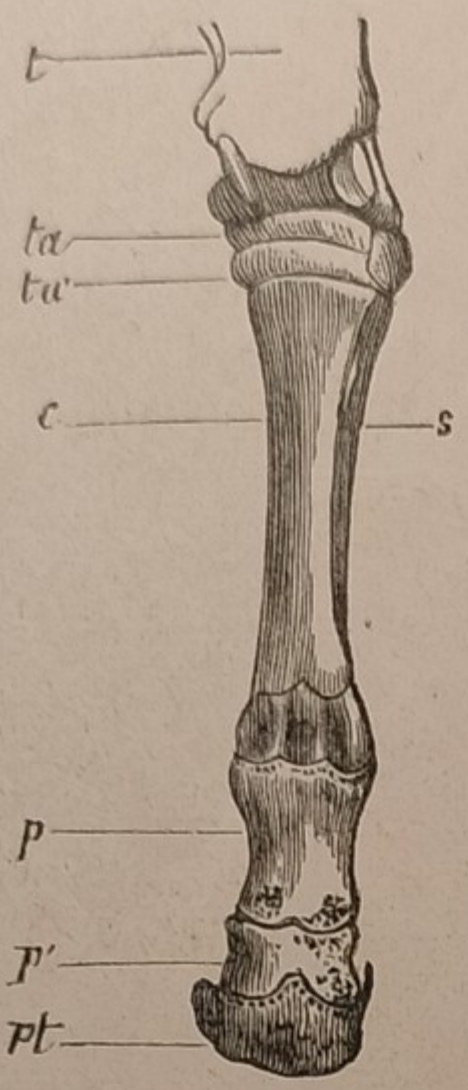


Fig. 129.

4°. *Può avere luogo talvolta una completa trasposizione di alcune parti.* Le pinne ventrali, che nei Pesci rappresentano gli arti posteriori, sono talvolta trasportate davanti alle pinne pettorali (es.: Merluzzo).

105. **I muscoli e la loro classificazione.** — Ho già descritto il tessuto speciale dei muscoli, ed ho pure avvertito che si dividono in *muscoli striati* e in *muscoli lisci* (§ 7). I primi sono sottomessi, almeno in generale, all'influenza della volontà, e si suddividono in *muscoli dello scheletro*, che sono gli organi attivi destinati a mettere in movimento tutte le ossa; ed in muscoli *sottocutanei* o *pellicciai*, che si distendono sotto la pelle e servono a farla scorrere sulle parti sottoposte. I *muscoli lisci*, al contrario, si sottraggono all'influenza della volontà ed appartengono quasi esclusivamente (nell'uomo e negli animali superiori) agli organi delle funzioni di nutrizione.

I muscoli pellicciai sottocutanei sono poco numerosi nell'uomo trovandosi solamente alla faccia, al collo ed al palmo della mano: sono, invece, assai sviluppati in molti Vertebrati (es.: nel Riccio, nei Serpenti ed in altri animali, che fanno ampi movimenti colla cute) e specialmente nei vermi ed in altri

129. — Gamba posteriore del cavallo: — *t*, tibia; — *ta*, prima fila delle ossa del tarso; — *ta'*, seconda fila; — *c*, metatarso, formato da un solo osso chiamato *cannone*: — *s*, stiletto formato da un rudimento del dito laterale, — *p*, prima falange; — *p'*, seconda falange; — *pt*, terza falange avviluppata dall'unghione e zoccolo.

invertebrati, in cui la cute rappresenta tutta la parte passiva dell'apparato locomotore.

I muscoli dello scheletro sono assai numerosi, sicchè in tutte le parti del corpo se ne distinguono due strati, cioè uno *strato superficiale* ed uno *profondo*. Si classificano poi, a seconda della regione del corpo cui appartengono, in muscoli *del capo*, *del tronco*, *degli arti*. Le figg. 130 e 131 rappresentano i muscoli della faccia e del torace nell'uomo: il loro nome e la posizione, che sono indicati nelle figure, bastano in generale, per farne conoscere l'ufficio, senza bisogno di ulteriori spiegazioni.

106. **Contrattilità muscolare**. — È quella proprietà per cui le fibre del tessuto muscolare si accorciano e si allungano, sotto l'influenza d'un eccitamento, che nell'animale vivo è l'influsso nerveo, nell'animale morto può essere l'elettricità, come constatò pel primo il Galvani, esperimentando sui muscoli d'una rana. Abbiamo visto che la contrattilità si manifesta in grado minimo e rudimentale, come proprietà generale del protoplasma di tutte le cellule (§ 1); ma solo le cellule muscolari la possiedono in modo elevato.

Se il muscolo è fisso per le estremità a due punti mobili, che si possono avvicinare (come in generale si verifica per i muscoli dello scheletro), contraendosi li avvicina; poichè ciascuna delle sue fibre, nel momento della contrazione, s'accorcia, aumentando di spessore, nel tempo stesso che le strie delle fibre (nei muscoli striati) si ravvicinano. Dalla riunione di tutti gli accorciamenti parziali delle fibre risulta l'accorciamento totale del muscolo. Nell'animale vivo l'accorciamento del muscolo non oltrepassa un terzo della lunghezza primitiva.

L'accorciamento del muscolo è accompagnato da un aumento nel diametro trasversale, ossia un muscolo, contraendosi, diventa più corto e più grosso, come si vede nella fig. 132, e come facilmente si osserva nei muscoli superficiali, i quali, contratti, formano una salienza molto manifesta sotto la pelle. I muscoli sono pure *elastici*, perchè, cessata la causa della contrazione, riprendono la forma primitiva. Infine i muscoli sono *estensibili;* e lo si rileva dalla stessa fig. 132, la quale mostra che, mentre il muscolo flessore piega l'avambraccio sul braccio, il muscolo estensore deve allungarsi.

Un effetto del contrarsi e rilasciarsi alternativo delle fibre di un muscolo si è che, nei suoi capillari sanguigni, si fa più attiva la circolazione del sangue e conseguentemente tutto il processo nutritivo del muscolo e la sua temperatura. Ecco

perchè il camminare, il correre e gli esercizi ginnastici tornano tanto utili allo sviluppo dell'organismo, specialmente pei

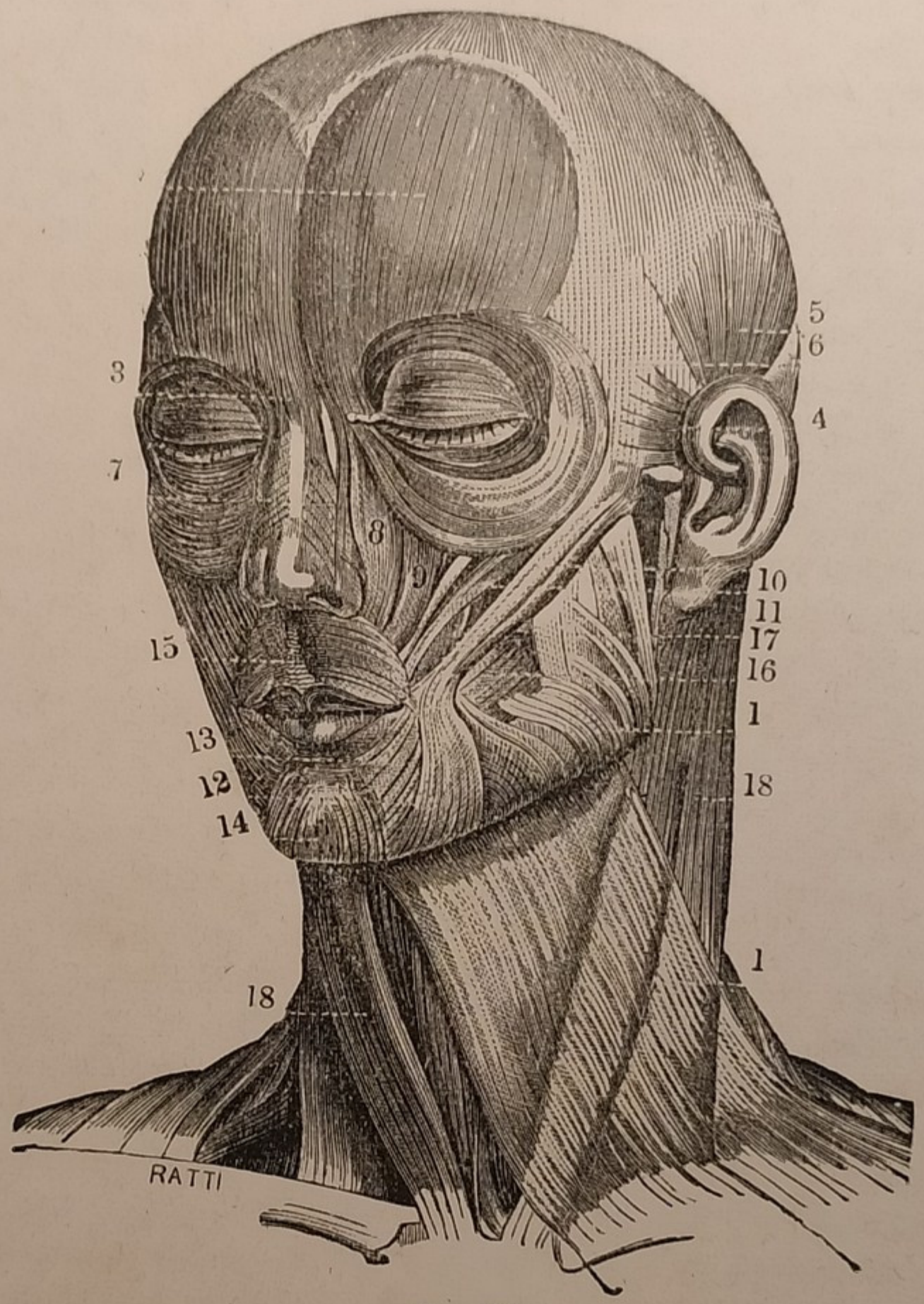


Fig. 130.

giovani, eccitandone tutta la vita nutritiva, e per essa rendendo sempre più robusti tutti gli organi di nutrizione e quelli della vita di relazione.

130. — Muscoli della faccia dell'uomo: 1, muscolo pelliciaio; 2, muscolo frontale; 3, muscolo piramidale; 4 e 5, muscoli auricolari; 6, muscolo orbicolare delle palpebre; 7, muscolo triangolare del naso; 8, muscolo elevatore comune della pinna del naso e del labbro superiore; 9, muscolo elevatore proprio del labbro superiore: 10 e 11, muscolo grande e piccolo zigomatico; 12, muscolo che abbassa la commessura delle labbra; 13, muscolo che abbassa il labbro inferiore; 14, muscolo elevatore del mento; 15, muscolo orbicolare delle labbra; 16, muscolo buccinatore; 17, muscolo massetere; 18, elevatore della mascella inferiore.

107. **Tendini.** — I muscoli dello scheletro sono infissi sulle ossa non direttamente, ma per mezzo di un tessuto connettivo-fibroso molto tenace e di colore bianco madreperlaceo, il quale forma degli organi chiamati *tendini*, se hanno forma di cordone ed *aponeurosi*, se di membrana. Questi tendini e queste aponeurosi da una parte sono in comunicazione con l'invoglio connettivo del muscolo, dall'altra stanno attaccati al periostio dell'osso.

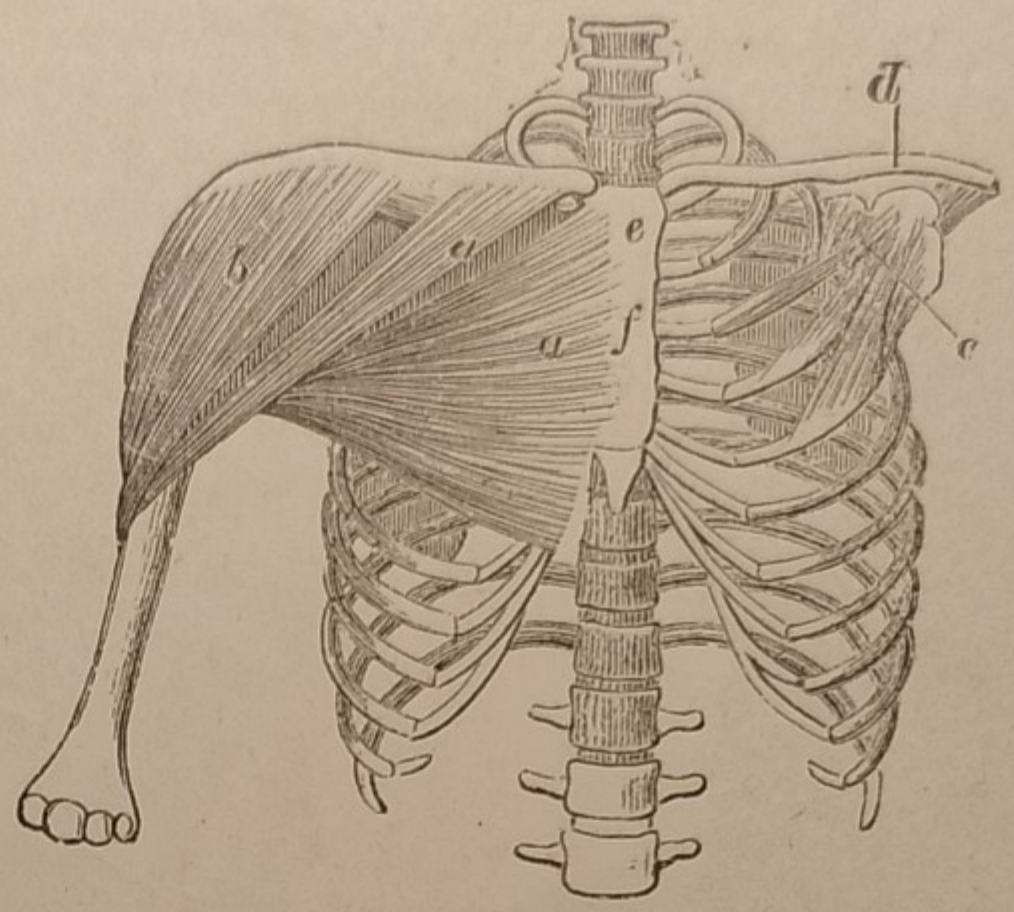


Fig. 131.

108. **Muscoli congeneri ed antagonisti.** — I muscoli dello scheletro si distinguono per la loro azione in *flessori* ed *estensori*, *adduttori* ed *abduttori*, *rotatori*, ecc. Per flettere un osso sopra un altro e per rimetterlo nella posizione primitiva non serve il medesimo muscolo, ma esistono sempre due muscoli distinti, uno *flessore* ed uno *estensore*: questi muscoli si chiamano *antagonisti*. Col qual nome si indicano, in generale, due muscoli che producono movimenti contrari. Per esempio, il muscolo *bicipite*, posto nella regione anteriore del braccio, contraendosi, flette l'avambraccio (fig. 132); ed un altro muscolo posteriore del braccio detto *tricipite*, opera il movimento opposto.

Spesso a compiere un medesimo movimento concorrono parecchi muscoli, i quali si chiamano *congeneri*.

109. **Stazione, cammino, salto,** ecc. — La *stazione* è quella posizione nella quale un animale tiensi fermo sul suolo, sorreggendosi sugli arti. Perchè un animale si trovi in questa posizione, bisogna che i muscoli degli arti siano contratti ed in secondo luogo che il suo corpo sia in equilibrio sopra di essi, cioè che la verticale, che passa pel suo centro di gravità, cada nell'interno del poligono determinato dai punti di appoggio degli arti stessi.

Nel *cammino* (incesso) l'uomo spinge innanzi il corpo coll'una delle gambe, e lo sostiene, cioè ne ripara la caduta, col-

131. — Torace con alcuni muscoli: *aa*, grande pettorale; — *b*, muscolo deltoide; — *c*, piccolo pettorale; — *d*, clavicola; — *e*, *f*, sterno.

l'altra, senza mai cessare un istante dal poggiare sul suolo. Questa è la circostanza che distingue il cammino dal *salto*, in cui tutto il corpo abbandona momentaneamente il suolo, per

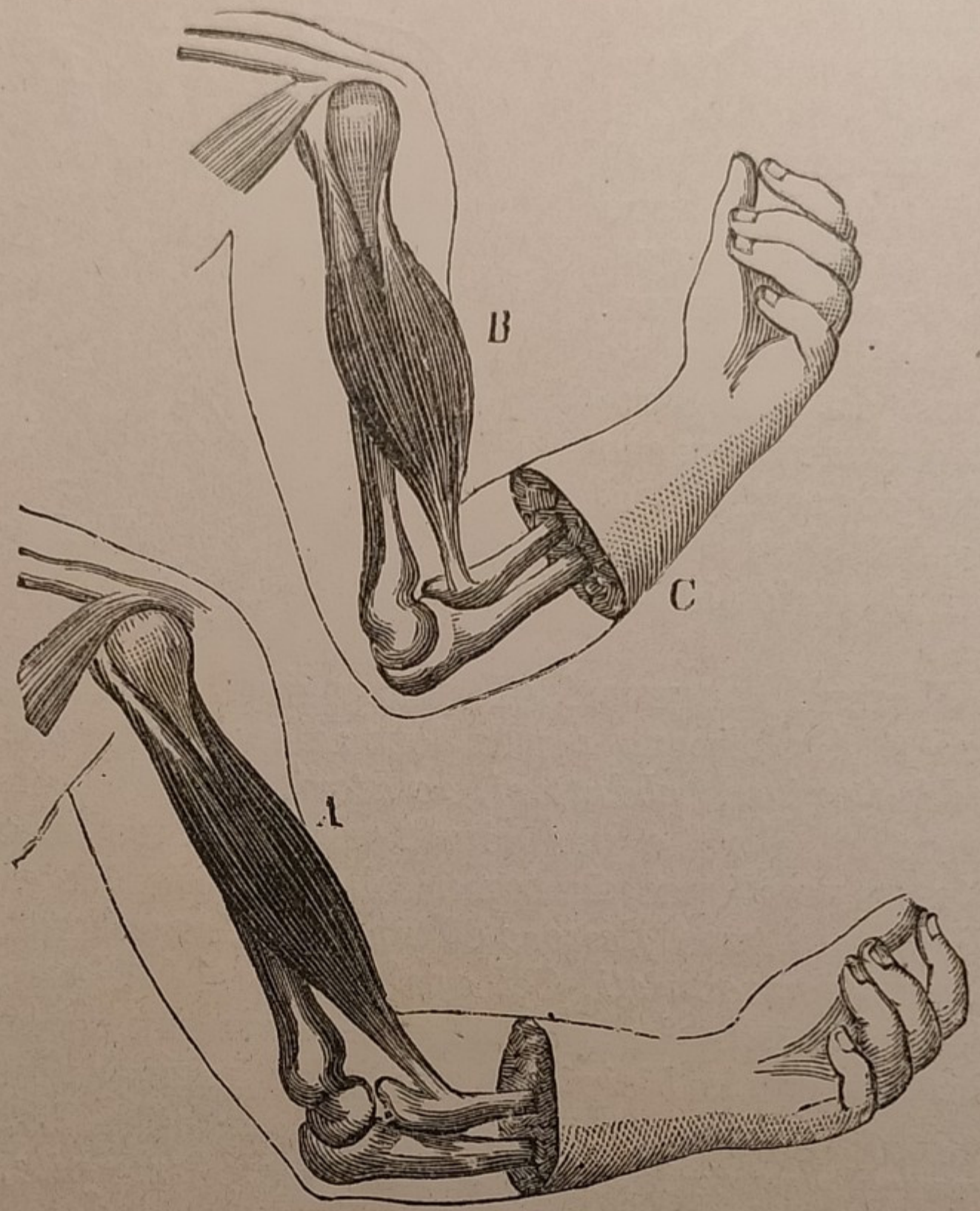


Fig. 132.

ricadere sopra di esso, quando cessa l'impulso ricevuto dalla contrazione di tutti gli estensori delle gambe.

La *corsa* presenta promiscuamente i caratteri del cammino e del salto.

Il *nuoto* ed il *volo* sono movimenti analoghi al salto, nei quali la resistenza e l'elasticità dell'acqua o dell'aria tengono le veci del suolo.

Nei vertebrati di organi del nuoto sono le *pinne* (§ 104, fig. 127), ovvero i *piedi palmati*, cioè muniti di membrana tesa tra le dita, come si verifica in tutto l'ordine degli uccelli palmipedi (fig. 133). Gli organi del volo sono le *ali*. L'ala degli

132. — Effetto della contrazione muscolare: *A*, muscolo bicipite brachiale nello stato di rilassamento; — *B*, lo stesso muscolo contratto.

uccelli risulta dalle ossa dell'arto anteriore, opportunamente trasformate (§ 104, fig. 128) e dalle *penne*. Negli uccelli a

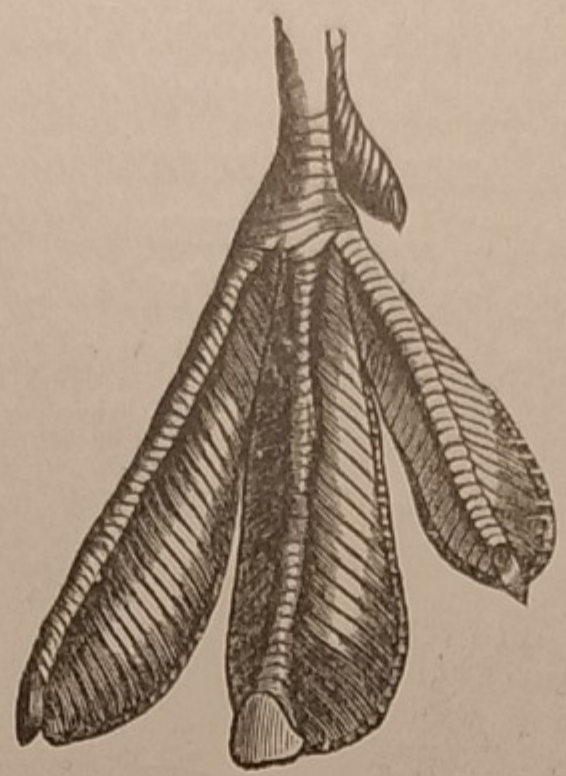


Fig. 133.

volo potente, come l'aquila, le penne più esterne delle ali sono rigide e lunghe; e sono dette *remiganti,* perchè agiscono nell'aria, come il remo nell'acqua. In molti uccelli anche la coda presenta penne lunghe e dure, dette *timoniere,* perchè servono all'uccello per dirigere il volo.

110. **Voce.** — Molti animali, per mettersi in relazione cogli altri animali, hanno la facoltà di produrre suoni.

L' uomo e tutti gli animali a respirazione polmonare

Fig. 134.

hanno per organo della voce e del canto la *laringe* (§ 52). Questo organo, infatti, presenta nel suo interno quattro spor-

133. — Piede di Tufetto.
134. — Ala di Aquila.

genze orizzontali, due a destra, e due a sinistra, le quali si chiamano *corde vocali* (figg. 135-138). Le vere corde vocali, però, cioè quelle che hanno l'azione principale nella produzione dei suoni, sono solamente le due corde inferiori fornite di due fasci fibrosi. I suoni si producono nell'atto della *espirazione*. Allora la colonna d'aria, che esce dai polmoni, urtando le corde vocali inferiori, le fa vibrare, come fossero corde elastiche, e tali vibrazioni consistono in ciò che le corde vocali inferiori si contraggono e si estendono alternatamente, variando di spessore e di lunghezza ed in tal

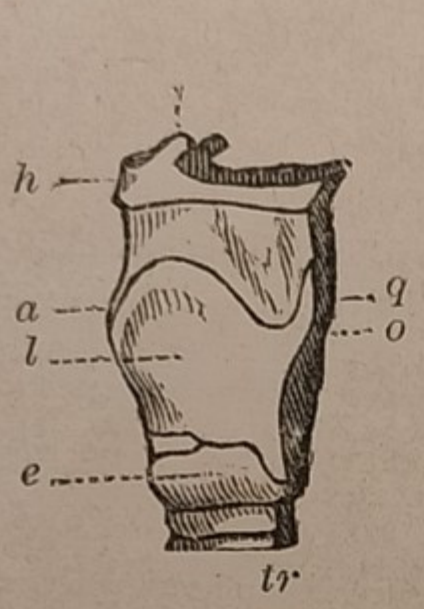


Fig. 135.

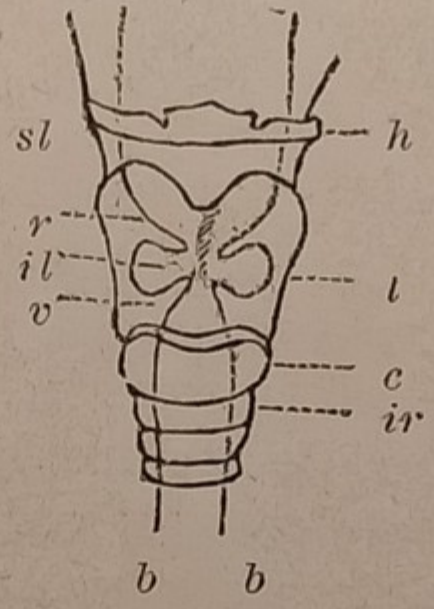


Fig. 136.

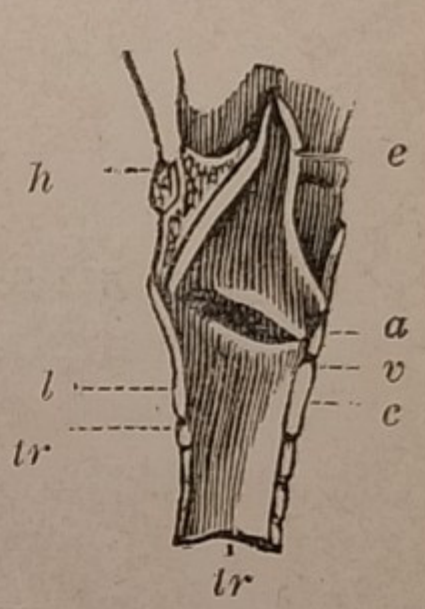


Fig. 137.

modo impiccolendo ed allargando alternativamente l'apertura della *glottide:* circostanze tutte che concorrono alla produzione ed alla modificazione dei suoni. Tra le corde vocali superiori e quelle inferiori vi sono due seni, detti *ventricoli del Morgagni,* che servono a rinforzare i suoni prodotti dalle corde stesse, come fa la cassa d'aria su cui sono tese le corde sonore di un violino.

111. **Stridori.** — Alcuni Pesci, molti Insetti ed alcuni altri animali producono pure dei suoni, per mezzo di parti differenti del loro corpo, che mettono in vibrazione per percus-

135. — Laringe dell'uomo veduta di profilo: — *h,* osso ioide; — *l,* corpo dell'osso ioide, che dà attacco alla base della lingua; — *t,* cartilagine tiroidea; *a,* prominenza della medesima, detta volgarmente *pomo d'Adamo;* — *c,* cartilagine cricoidea; — *o,* parete posteriore della laringe; — *tr,* trachea.

136. — Laringe veduta di fronte: Il contorno della parete interna è rappresentato delle linee *aa, bb, li,* corde vocali inferiori; — *sl,* corde vocali superiori; — *v,* ventricolo della glottide; — *c,* cartilagine cricoidea. Le altre parti sono indicate colle stesse lettere della figura precedente.

137. — Sezione verticale della laringe: — *h,* osso ioide; — *a,* cartilagine aritenoidea; — *c,* cartilagine cricoidea; — *v,* ventricolo della glottide formato dallo spazio compreso fra le corde vocali; — *e,* epiglottide; — *t,* cartilagine tiroidea; — *tr,* trachea.

sione o per sfregamento. Questi suoni si chiamano *stridori*. Gli insetti producono suoni speciali, con rapidi movimenti

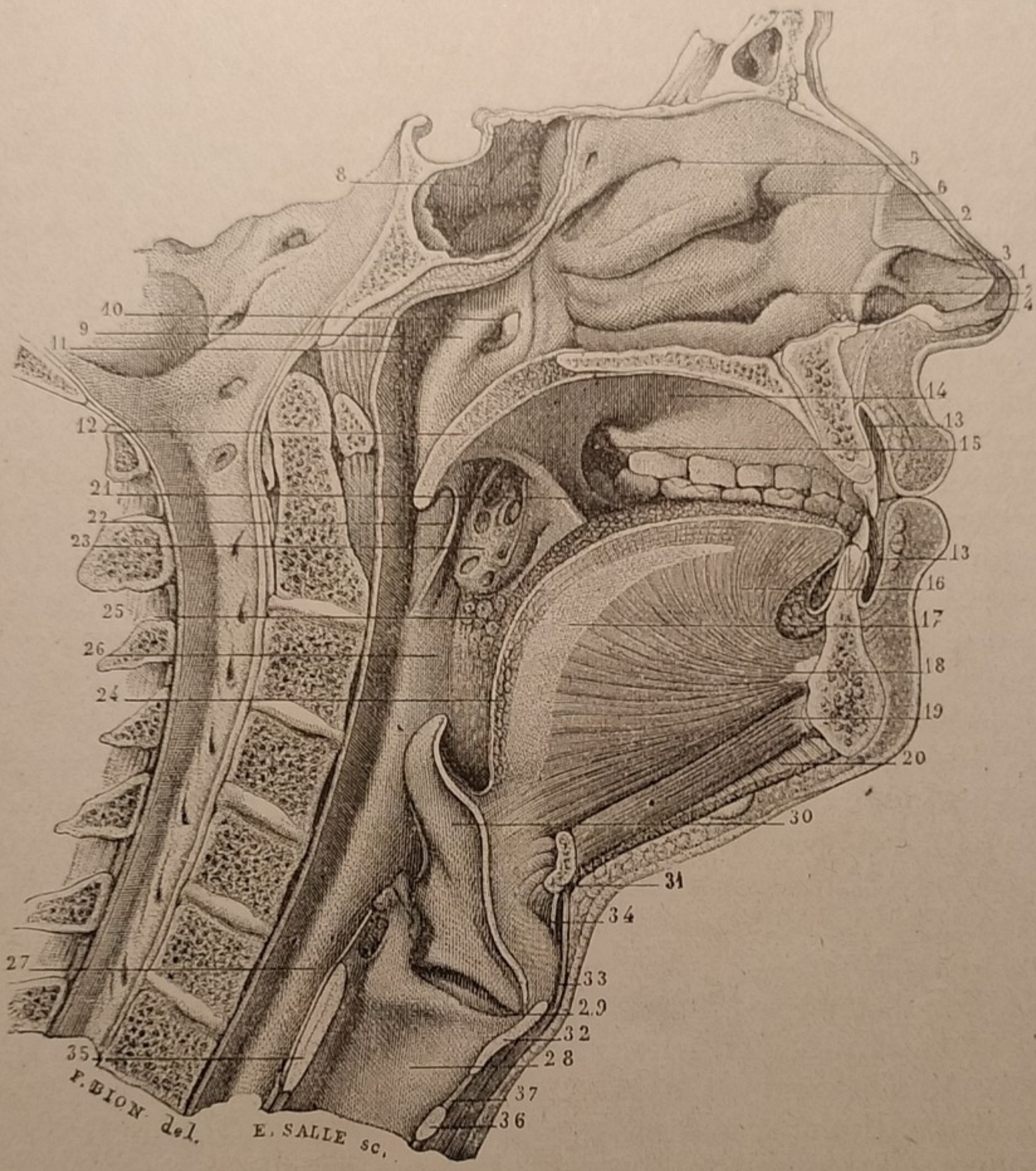


Fig. 138.

delle ali, durante il volo, oppure collo sfregare l'uno con l'altro taluni anelli del corpo. Le cicale, per esempio, hanno

138. — Sezione della bocca, della faringe e della laringe: 1, narice destra; 2-4, cartilagini del naso; 5, turbinato e meato superiore: 6, turbinato e meato medio; 7, turbinato e meato inferiore; *S*, seno sfenoidale; 6, retroattività delle fosse nasali; 10, padiglione della Tromba d'Eustachio; 12, velopendolo; 13, vestibolo della bocca; 14, vôlta del palato; 16, 17, e 24, lingua; 18, 19 e 20, muscoli della lingua; 21 e 22, pilastro anteriore e posteriore del velopendolo; 23, tonsilla; 26, retrocavità della bocca, ossia porzione orale della faringe; 27, porzione inferiore della faringe; 28, cavità della laringe; 29, ventricolo laringeo e corde vocali; 30, epiglottide; 31, sezione dell'osso joide; — 32 e 33, cartilagine tiroide; 35, 36, cartilagine cricoide.

un apparato sonoro posto all'addome e formato da due sottili laminette vibranti per l'azione di un muscolo speciale, che le mette in movimento.

4. Sonno, letargo ed emigrazione

112. **Sonno**. — È noto che, dopo un certo tempo da che un muscolo è contratto, manifestasi in esso una sensazione particolare, detta *stanchezza,* che non cessa se non col rilasciamento e riposo del muscolo stesso (1). Similmente accade del sistema nervoso e specialmente dei centri nervosi, le cui funzioni (percezione sensitiva e intellettiva, memoria, attenzione, riflessione, ecc.), di tratto in tratto devono essere sospese. Orbene il riposo tanto del sistema nervoso come del muscolare si ottiene per mezzo del *sonno,* il quale consiste appunto nella sospensione più o meno completa delle funzioni di relazione e quindi nel riposo di tutti gli organi che servono ad esse. Durante il sonno, si rallentano anche alcune funzioni di nutrizione, cioè la circolazione, la respirazione, la termogenesi e si verifica nell'organismo una diminuzione di temperatura, che per l'uomo è di un grado centigrado circa.

L'alternarsi del giorno e della notte ha una grande influenza sugli animali nel determinare il tempo del sonno. Come l'uomo, la maggior parte degli animali dormono nella notte e vegliano il giorno; alcuni però (Pipistrelli, Civette, Tasso) fanno il contrario. I primi chiamansi animali *diurni,* gli altri *crepuscolari* o *notturni.*

113. **Letargo**. — Molti animali, durante l'inverno cadono in uno stato d'intorpidimento, nel quale restano sospese le funzioni di relazione, la prensione degli alimenti e la digestione, e solo continuano, ma rallentate assai, le altre funzioni di nutrizione. Questo intorpidimento si chiama *letargo iemale.*

Lo presentano, per esempio, il Riccio, il Ghiro, la Marmotta, i Coccodrilli, le Lucertole, molti serpenti, ecc. Ci sono animali, in numero però molto minore, i quali presentano il *letargo estivo,* ossia si mettono in letargo nella stagione di maggior caldo e siccità. Così fanno i Centeti, che sono animali del Madagascar molto affini ai Ricci.

(1) La stanchezza è cagionata da un'alterazione chimica che avviene nel tessuto muscolare, nel quale si accumulano, per effetto del lavoro, diversi prodotti di decomposizione e specialmente l'*acido miolattico.* È quindi necessario il riposo, perchè il sangue possa asportare queste sostanze e rimettere il muscolo nello stato normale.

Il letargo differisce dal sonno: 1.° perchè quello è determinato da circostanze esterne, cioè dal freddo o dal caldo e non dal bisogno di riposo; 2.° perchè nel letargo la sospensione delle funzioni di relazione è più completa e più lunga, e anche l'attività di quelle di nutrizione diminuisce assai. La respirazione e la circolazione sono ridotte debolissime se l'animale che è in letargo ha sangue freddo (Serpenti): ma, se ha sangue caldo (Mammiferi), nel letargo deve consumare una grande quantità di grasso preparato appositamente nella stagione estiva nei suoi tessuti sottocutanei, per mantenere la temperatura costante del proprio corpo molto superiore a quella dell'ambiente.

Gli animali che hanno il letargo iemale diconsi *ibernanti*. Essi, prima di porsi in letargo, scelgono un ricovero dove siano riparati dalle intemperie e nascosti ai loro nemici. Quelli a sangue caldo poi si preparano anche un letto di musco o di paglia, per impedire il disperdimento del proprio calore, essendo troppo scarso l'ossigeno che respirano durante il letargo.

114. **Illusioni, allucinazioni, sogni, sonnambulismo ed ipnotismo.** — Le *illusioni* sono turbamenti delle sensazioni caratterizzati da una impressione reale, ma che si compie in modo anormale o viene modificata patologicamente, durante la trasmissione dal sensorio al centro nervoso. Per esempio è un'*illusione visiva* quella d'un bambino, che attribuisce ad un tronco d'albero o ad altro oggetto qualunque la figura di un essere vivo, e ne ha paura. Le *allucinazioni* sono pure turbamenti delle sensazioni, che si verificano durante la veglia come le illusioni, ma ne differiscono perchè avvengono senza che vi sia una impressione corrispondente esercitata da un oggetto esterno sui sensorî, ma unicamente per l'attività anormale del cervello, per la quale ci pare di sentire suoni o di vedere oggetti che non esistono.

I *sogni* sono fenomeni analoghi alle allucinazioni, che si compiono durante il sonno, quando questo non è completo, ma parziale, cioè quando rimane in veglia una sola o alcuna delle facoltà psichiche. Difatti, uno dei fenomeni più comuni e caratteristici del sogno sono le false sensazioni relative ai sensi esterni, come nelle allucinazioni, provocate dalla immaginazione che veglia, mentre l'attenzione, la riflessione, la coscienza sono addormentate. Nei sogni sono frequenti le false sensazioni relative alla vista, all'udito, al tatto; rare invece quelle del gusto e dell'odorato.

Il sogno si chiama *sonnambulismo*, quando durante il sonno si ripetono delle azioni di cui si è contratta l'abitudine, ovvero

si cammina e si eseguiscono diversi movimenti in relazione coi sogni che si fanno, senza che resti, dopo svegliati, nessun ricordo degli atti eseguiti.

Infine l'*ipnotismo* è una specie di sonnambulismo, provocato artificialmente con mezzi diversi, cioè colla fissazione di oggetti splendenti ovvero collo sguardo, con applicazioni elettriche, ecc.

I fenomeni, che si verificano in una persona ipnotizzata, sono la perdita della coscienza e della volontà, l'aumento della eccitabilità riflessa, i disturbi nelle funzioni della motilità, della sensibilità o delle facoltà intellettuali. Durante il sonno ipnotico, è notevole specialmente l'*ipereccitabilità* muscolare, cioè una specie di esaltazione delle forze muscolari.

Le persone più facilmente ipnotizzabili sono le *nevrasteniche*, cioè dotate di sistema nervoso molto eccitabile.

115. **Migrazione**. — Si chiama *migrazione* il trasportarsi, che fanno certe specie di animali da una regione ad un'altra, allo scopo di sfuggire gli estremi di temperatura, cioè la stagione troppo fredda o troppo calda, ovvero di procurarsi l'alimento o di provvedere alla riproduzione. Le vere migrazioni si compiono in epoche ed in luoghi fissi, e durano anche per un tempo determinato. Gli animali che non hanno migrazioni si chiamano *stazionari*.

I Mammiferi sono quasi tutti stazionari. Si conoscono solamente alcuni Rosicanti, che emigrano al sopravvenire della stagione fredda (i Lemnings di Svezia e Norvegia), ovvero in cerca di cibo (alcune Arvicole).

Le migrazioni sono, invece, molto frequenti e regolari negli Uccelli e nei Pesci.

Gli uccelli, rispetto ad una data regione, si distinguono in *stazionari* (per noi — i Passeri, la Gazza, ecc.), *migratori di soggiorno estivo* (Rondini, Quaglie, ecc.), che alla fine dell'estate si portano verso regioni più calde, *migratori di soggiorno invernale* (Beccofrosone, Lucarino, Pavoncella, ecc.), che alla fine dell'inverno emigrano verso regioni più fredde; ed infine *migratori di passaggio*, i quali non fanno che attraversare un dato paese. Tali sono per noi i Tordi, le Beccaccie, ecc., che passano pei nostri paesi, diretti nell'autunno da nord a sud e viceversa in primavera.

Anche tra i Pesci ve ne sono alcuni stazionari in una data località, altri invece migratori. Molti pesci marini (per esempio, lo Storione, il Salmone, ecc.), in certe epoche dell'anno rimontano i fiumi, per deporre le uova. Altri fanno emigra-

zioni verticali (es.: le Aringe, i Tonni, ecc.), ossia, all'epoca della riproduzione, risalgono dalle grandi profondità, dove vivono ordinariamente, e vengono a galla, per deporre le uova.

Finalmente, anche alcuni invertebrati (esempio: Locuste, Acridî, ecc.), per procurarsi l'alimento, intraprendono lunghe emigrazioni, non però regolari e periodiche, devastando le campagne dove arrivano. Per esempio, innumerevoli torme di Acridî migratori giunsero più volte fino in Europa, dall'Oriente loro patria.

Quelle, di cui si è parlato, si chiamano *migrazioni attive*; ma gli animali sono talvolta trasportati da un luogo ad un altro dai venti, dalle correnti marine, dai fiumi, dall'uomo; e queste si dicono *migrazioni passive*.

5. Relazione degli organismi tra di loro e coll'ambiente

116. **Relazione degli organismi coll'ambiente. Mimetismo.** — Molteplici sono le influenze che esercitano, sui caratteri e sulla diffusione degli animali e delle piante, il clima, il suolo e gli oggetti-ambiente.

Anzitutto il mare, i fiumi, le catene di montagne, servono a determinare l'*area di diffusione* di una data specie. In generale, le specie vegetali sono limitate più degli animali ad un determinato clima, specialmente per riguardo alla temperatura (1.ª § 98), e sono maggiormente influenzate anche dalla natura del suolo, perchè in esso devono trovare gli alimenti adatti alla loro particolare costituzione chimica (1.ª § 79).

Il ritorno periodico di stagioni — straordinariamente fredde o eccessivamente secche — è uno degli ostacoli più potenti alla moltiplicazione tanto degli animali, come delle piante.

Il clima influisce sensibilmente non solo sulla diffusione, ma anche sui caratteri degli organismi. Nei climi artici scema negli animali la forza propagatrice, ma aumenta lo sviluppo dell'individuo. Per esempio i cervi delle regioni artiche (Alce, Renna) sono assai più grossi delle altre specie affini, abitanti paesi di latitudine meno elevata.

Nei climi intertropicali, gli animali e le piante presentano massima varietà di specie, maggiore forza di moltiplicazioni e colorazioni più vivaci e brillanti.

Si chiama *mimetismo* il fatto per cui alcuni animali, a scopo di difesa, imitano il colore e la forma degli oggetti-ambiente o di animali meglio forniti di mezzi di offesa (veleno, ema-

nazioni fetide). Per es., la Sesia crabroniformis, farfalla inerme, è molto somigliante al Calabrone, provvisto di pungiglione (fig. 139). Più frequente è il caso di insetti che somigliano grandemente a certi oggetti che li circondano (foglie, legni secchi, fiori, ecc.). Il *Bacillus Rossii* ed il *Phyllium siccifolium* (fig. 140) sono due insetti ortotteri, il primo dei quali somiglia ad un bastoncino, il secondo ad una foglia disseccata. Similmente la nostra Lucerta dei muri è di colore bigio-bruno, mentre il Ramarro dei prati è di un verde bellissimo; e le specie animali nordiche, abitanti in regioni ordinariamente coperte di neve, hanno spesso colori bianchi (Es.: Orso bianco, Ermellino, ecc.).

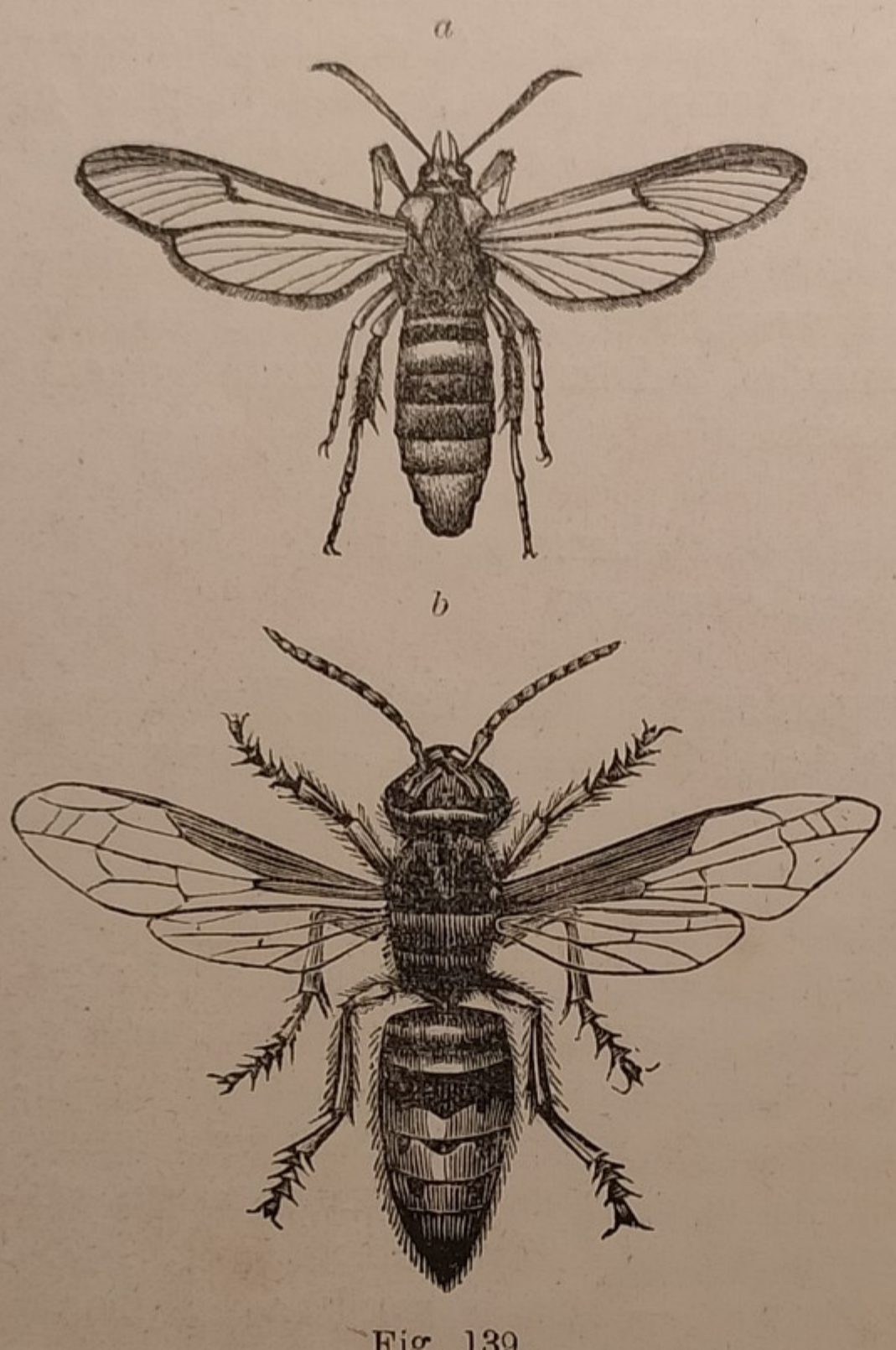


Fig. 139.

La somiglianza di colore tra gli animali e gli oggetti-ambiente (colore protettore) serve loro sia per difesa, cioè per sfuggire più facilmente alla vista del nemico, sia come sussidio nella caccia. Per esempio, è evidente che all'Orso bianco, che vive tra nevi e ghiacci, giova molto il colore, per inseguire e avvicinare, non visto, la preda.

Le piante e gli animali nell'oscurità si scolorano. Per esempio, in una grande caverna del Kentuky vivono pesci, insetti, ragni, crostacei; ma, in generale, ciechi e tutti scolorati, come si verifica pure del Proteo della Carniola.

Agardh notò un certo rapporto tra il colore delle alghe e la profondità del mare; partendo dalla superficie, le alghe verdi predominano nel primo strato, le brune nel secondo, le

139. — *a*, Sesia crabroniformis; — *b*, Vespa crabro.

rosse nel terzo. Similmente molti animali marini (Meduse, Ctenofori, ecc.) sono trasparenti, come l'acqua in cui vivono.

117. **Relazioni degli organismi tra loro; lotta per l'esistenza.** — Nelle regioni delle nevi perpetue e dei deserti la

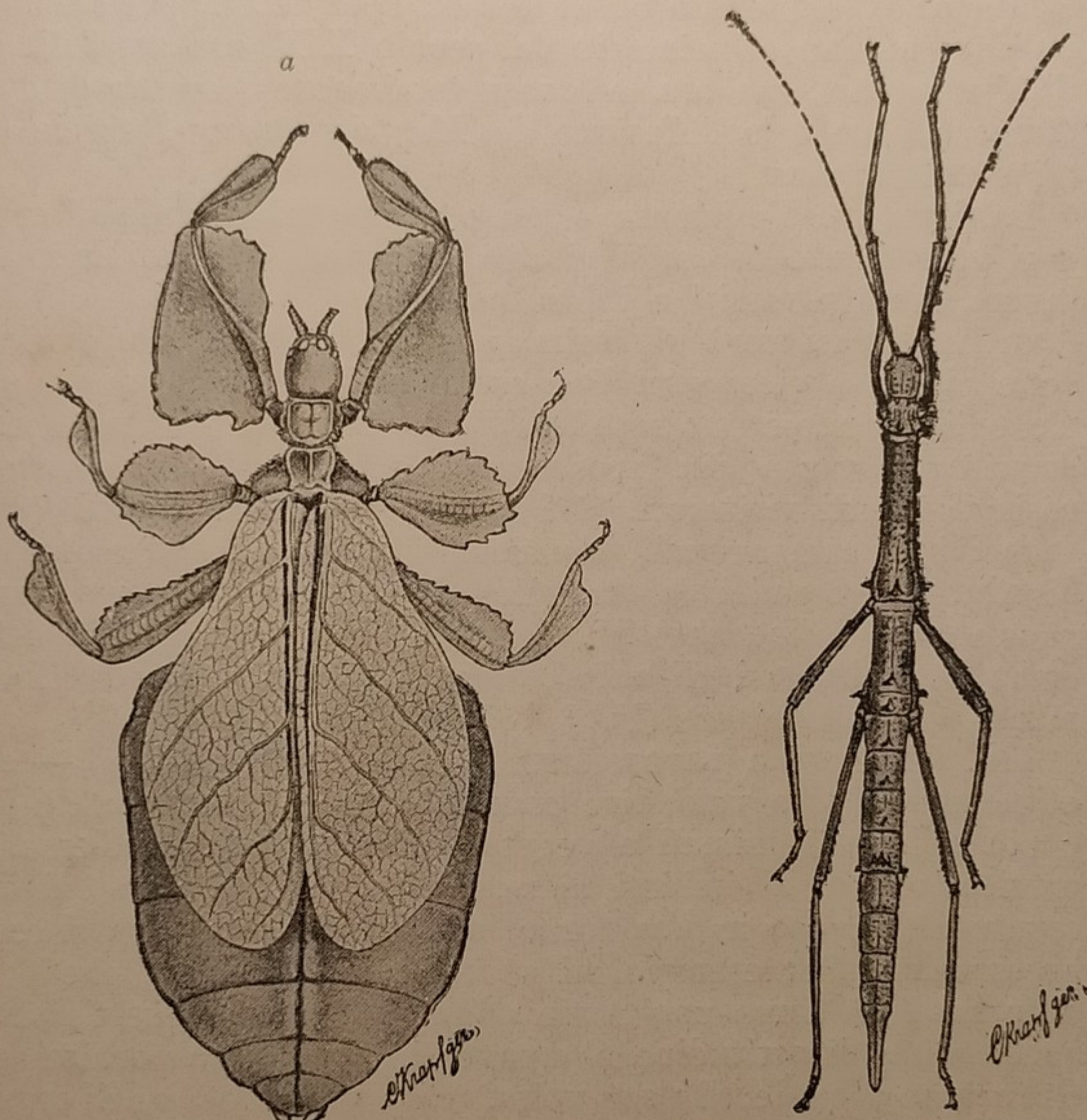


Fig 140.

lotta vitale ha luogo contro le condizioni dell'ambiente e sopratutto contro il freddo e la secchezza; ma altrove gli animali e le piante per vivere e propagarsi, devono combattere con altri animali e con altre piante e si chiama *concorrenza vitale* questa lotta per l'esistenza che gli organismi combattono tra di loro. La concorrenza vitale è massima tra gli individui d'una stessa specie, che cercano lo stesso nutrimento e

140. — *a*, Phyllium siccifolium (Filliofogliasecca); — *b*, Bacillus Rossii.

che si contendono una stessa stazione. Una pianta, per es., per moltiplicarsi, deve lottare con molte altre piante, e specialmente con quelle di specie affini, che già occupano il suolo. Similmente la lotta fra due specie di animali affini talvolta è tale da estinguere o quasi le specie più deboli: per esempio, in Europa, fino al principio del secolo XIX, era assai diffuso il *Mus rattus,* ma ora è quasi totalmente scomparso, dopo l'importazione e la diffusione del *Mus decumanus,* specie più forte della prima.

La lotta per l'esistenza è poi continua tra gli animali erbivori e le piante di cui si cibano, tra quelli e gli animali carnivori, tra i parassiti e i loro ospiti.

In molti casi però gli animali giovano alla propagazione delle piante e viceversa. Per esempio, il Trifoglio rosso e il Trifoglio olandese sono impollinati dalle api. Quindi queste specie di trifoglio tanto più prosperano, quanto più sono numerosi gli insetti visitatori. E i nemici di questi insetti (quali sono i topi campagnuoli, che ne distruggono i nidi), sono indirettamente nemici del trifoglio. Lo stesso avviene di altre piante *entomofile* (parte 1ª, § 128). Abbiamo pure già detto come in molti casi gli animali siano necessari per la disseminazione delle piante (1ª, § 135).

118. **Simbiosi e parassitismo**. — Chiamasi *simbiosi* — che etimologicamente vuol dire *convivenza* — il fatto per cui due o più specie di animali o vegetali possono vivere insieme. In particolare dicesi simbiosi di *mutualismo* il caso, in cui due organismi vivono in una forma di alleanza, per giovarsi reciprocamente. Per esempio, vi sono Granchi marini, che portano sul loro dorso una Attinia (fig. 141); così quest'ultima, quasi priva di attitudine a muoversi, viene trasportata dal Granchio, il quale, alla sua volta, trova una difesa negli organi urticanti, di cui è munita l'Attinia. Un altro esempio lo abbiamo nella convivenza di certe piante cogli Afidi, che vivono sopra di esse in numero stragrande, e colle Formiche, le quali, visitando gli Afidi, per assorbire il liquido zuccherino che emettono dai nettari, tengono lontani gli insetti fitofagi dalla pianta. Nella botanica abbiamo trovato esempi di simbiosi nei licheni, che risultano dalla convivenza di un fungo ascomiceto con un'alga (1ª, § 172) e nei Bacteri, che vivono su certe radici di leguminose (1ª, § 77).

Invece la simbiosi si chiama *parassitismo* quando uno dei due organismi associati vive a spese dell'altro (ospite), in generale danneggiandolo più o meno fortemente. I parassiti degli

animali si distinguono in *endoparassiti* ed *esoparassiti,* secondo che abitano negli organi interni o sulla pelle dell'ospite.

Gli animali possono esser parassiti di altri animali (Tenia, Pidocchio, ecc.), ovvero di vegetali (Filossera); e similmente i vegetali possono essere parassiti di altri vegetali (molte specie di funghi, le Orobanche, il Vischio), ovvero di animali (Fungo della tigna).

I parassiti più dannosi all'uomo sono quegli organismi uni-

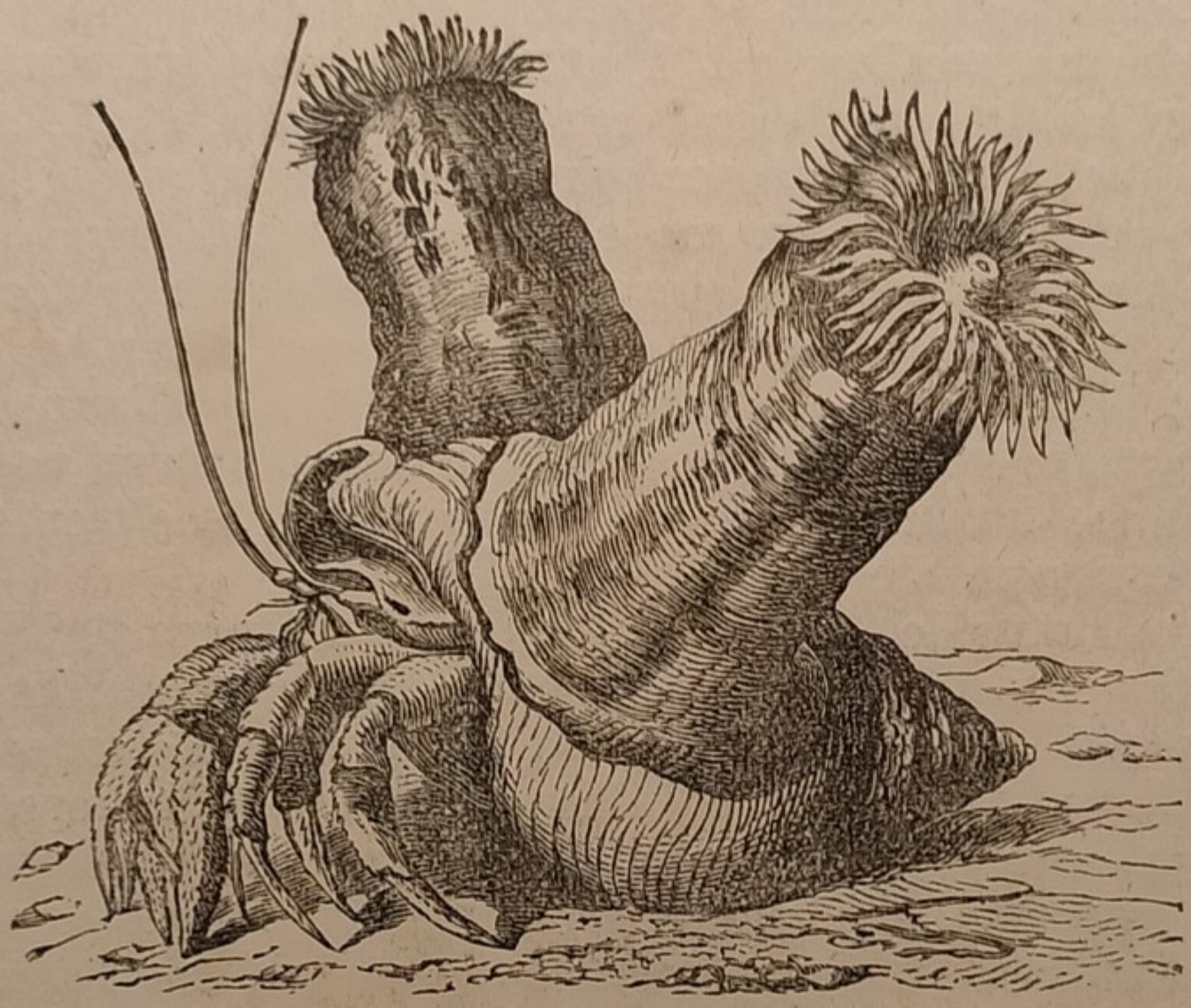


Fig. 141.

cellulari e microscopici, detti *microbi* (schizomiceti), ai quali appartengono i bacilli del colera, del carbonchio e della tubercolosi.

I parassiti di organismi morti si chiamano *saprofiti.*

119. **Adattamento, Ereditarietà e Selezione.** — Quando gli individui di una medesima specie, animale o vegetale, sono obbligati a vivere in condizioni alquanto diverse di clima, di nutrimento, ecc., accade che ciascuno *si adatti,* ossia si *acclimatizzi* alle condizioni speciali dell'ambiente; e nel fare ciò modifichi piú o meno sensibilmente i proprii caratteri. In tal modo hanno origine le molteplici *varietà* di una stessa specie. Tra gli animali domestici, il cane ed il porco sono i più notevoli per le pronte e profonde modificazioni che subiscono, per

141. — Simbiosi del Paguro con l'Attinia.

influenza dei diversi climi. Il bue, abitante le parti più umide dell'Inghilterra, ha il pelo più lungo e la pelle più grossa degli altri buoi inglesi. I cavalli delle isole settentrionali di Europa sono, in generale, piccoli e pelosi. In Siberia si trovano i resti fossili d'un Elefante lanuto (Mammouth).

Fatti simili non mancano anche nelle piante: per esempio, secondo Ascherson, la Reseda crispata Lk., coltivata in luogo esposto al sole e secco, presenta le foglie molto ondeggiate; invece in luoghi umidi e ombreggiati, foglie quasi piane.

Si chiama *ereditarietà* il fatto, pel quale si trasmettono dai genitori ai figli non solo i caratteri specifici, ma, in generale, anche quelli acquistati per variazione. In tal modo i caratteri delle varietà si conservano e si accumulano, formando delle *razze* nuove, e, secondo alcuni, anche delle *specie nuove* (evoluzionismo). In generale si verifica che, per effetto della ereditarietà, i caratteri appariscono nei figli in quella stessa parte del corpo e in quella stessa età in cui sono apparsi negli antenati, e che si riproducono nei figli tanto più fedelmente, quanto più i caratteri stessi sono antichi.

È poi naturale che, nella lotta per l'esistenza (§ 117) e nell'adattamento all'ambiente abbiano maggior probabilità di resistenza e di riuscita gli individui più robusti di ciascuna specie: e perciò essi più facilmente tramanderanno, per ereditarietà, i proprii caratteri. É questo il principio della scelta o *selezione naturale,* che spiega certe variazioni, che si verificano nelle forme specifiche animali e vegetali, e che l'uomo stesso applica, su larga scala, nell'allevamento e miglioramento delle razze animali, e nella coltivazione delle piante.

V

Cenni sulla classificazione degli animali.

120. **Nomenclatura zoologica.** — Non ripeteremo quanto abbiamo detto sulla nozione di specie, di varietà, di genere e sul diverso scopo delle classificazioni *artificiali* e *naturali* (1); poichè le cose esposte su tali argomenti nella 1.ª parte di

(1) Nell'ordinare gli nanimali o le piante in gruppi, il naturalista può prefiggersi solamente lo scopo didattico di facilitare la ricerca del nome di una pianta o di un animale; ovvero può, invece, proporsi, oltre questo scopo, anche quello più interessante di avvicinare i *generi* in gruppi più elevati, secondo le loro reali affinità organiche, in modo che nella classificazione risultino topograficamente vicini quelli che, pel complesso dei loro caratteri, si rassomigliano maggiormente, e più lontani quelli maggiormente diversi tra loro. Nel primo caso la classificazione risulta *artificiale,* nel secondo caso dicesi *naturale,* e perchè

questo libro, a proposito dei vegetali, si possono applicare anche agli animali (1).

Alcuni generi tra di loro affini formano una *famiglia;* le famiglie si riuniscono per formare gli *ordini;* questi per formare le *classi,* le quali poi costituiscono i *tipi.*

Quindi i gruppi di diverso grado, usati nella classificazione degli animali, sono:

Tipo	esempio:	Vertebrati
Classe	»	Mammiferi
Ordine	»	Rosicanti
Famiglia	»	Muridi
Genere	»	Mus
Specie	»	Mus rattus
Varietà o razze .	»	» var. alexandrinus

Per il nome degli animali si è adottata la **nomenclatura binomia** proposta da Linneo, nel 1737 (v. sopra 1.ª, § 160). L'aggettivo, che indica la specie, deriva spesso da particolarità di colore (Coralium rubrum), di costumi (Lepus timidus), di struttura (Inuus ecaudatus), di abitazione (Erinaceus europaeus), ecc.

In generale, i nomi degli *ordini* sono derivati da qualche carattere importante, comune agli animali che vi sono compresi (es.: Carnivori, Palmipedi, Ruminanti, ecc.): colla stessa regola si fa il nome delle classi (Mammiferi, Anfibî, Miriapodi, ecc.); invece i nomi delle *famiglie* sono formati col nome del genere più conosciuto che vi appartiene (es. Felini, Canidi, Muridi).

121. **Classificazioni antiche.** — Anticamente non si conoscevano che poche migliaia di specie di animali, epperò non era molto sentito il bisogno di ordinare in gruppi gli animali, per facilitarne lo studio; ma ora tale ordinamento è una ne-

riesca naturale, bisogna: 1° desumere i caratteri tassonomici da tutte le parti dell'organismo; 2° considerare i caratteri secondo il loro *valore tassonomico relativo,* giusta il principio della *subordinazione dei caratteri* (applicato la prima volta da Jussieu nella classifica delle piante), il quale consiste in ciò che una *nota caratteristica ha un valore tassonomico tanto maggiore, quanto più essa si presenta costante in un maggior numero di casi, e specialmente quanto più coincide con un maggior numero di altri caratteri importanti* (cfr. § 222).

(1) Ricorderò soltanto alcune definizioni. Si chiama individuo *ogni forma animale atta a vivere da sè. L'insieme degli individui perfettamente simili tra loro e che derivano tutti gli uni dagli altri,* formano una *specie.* Per le cause indicate al § 119, gli individui d'una stessa specie possono a poco a poco variare per alcuni caratteri, e così si formano le *varietà.* Infine il *genere* è la riunione di più specie, che si rassomigliano tra di loro pei caratteri più importanti. Per esempio, il Gatto, il Leone, il Leopardo sono tre specie, che formano il genere *Felis.*

cessità assoluta, essendo quasi 350,000 le specie animali note agli zoologi.

Il più antico tentativo di ordinare gli animali, in base alla loro struttura, è quello di Aristotele (384–322 av. C.), che divise tutti gli animali in due gruppi, *con sangue* e *senza sangue*, e nel primo distinse cinque grandi *generi* (ora classi o ordini), cioè: *quadrupedi vivipari, quadrupedi ovipari, uccelli, cetacei, pesci;* e nel secondo, quattro *generi*, cioè: *molluschi* (cefalopodi attuali), *malacrostacei polipodi* (ora crostacei superiori), *polipodi articolati* (insetti, aracnidi, vermi), *apodi testacei* (molluschi acefali e cefalofori).

Delle antiche classificazioni quella di Aristotele è la sola degna di essere ricordata, poichè Plinio non fece che adottare la distinzione volgare degli animali in *terrestri, acquatici e volanti*, senza nessun riguardo alla loro struttura.

Wotton in un'opera pubblicata nel 1552, prendendo per punto di partenza la classificazione di Aristotele, vi introdusse notevoli aggiunte e perfezionamenti. Divise i quadrupedi vivipari in *solipedi* e a *piede forcuto;* classificò gli uccelli in *uccelli a vita libera, uccelli da preda, uccelli da acqua leggieri* e *uccelli d'acqua pesanti;* tra gli animali *privi di sangue*, riunì in un sol gruppo gli insetti e gli aracnidi e distinse i *molluschi*, i *crostacei*, i *testacei* e gli *zoofiti*.

Carlo Linneo (1707-1778), nel suo libro *Sistema naturæ*, propose una classificazione che, per quanto migliore delle anteriori, è pur essa assai artificiale ed imperfetta, specialmente per gli animali inferiori, che sono tutti compresi in una sola classe (Vermes), solo eccettuati gli *insetti*. Linneo, nelle dodici successive edizioni del suo *Sistema naturæ*, andò perfezionando la formazione degli ordini, ma non delle classi, le quali sono fondate su pochi caratteri, cioè; struttura del cuore, colore e temperatura del sangue, organi di respirazione, modo di riproduzione. In generale poi sono trascurati o rilevati imperfettamente i caratteri interni degli apparati organici più importanti, come il sistema digerente, ecc. (Vedi quadro, pag. 147).

Lamarck (1744-1829) divideva gli animali in *Vertebrati* e *Invertebrati*, e pel primo, nel suo libro intitolato *Filosofia zoologica*, dava forma scientifica alla teoria della trasformazione o evoluzione delle specie animali (§ 119).

122. **Classificazione di Cuvier**. — Un indirizzo veramente scientifico non si può dire che abbia avuto la zoologia sistematica prima di Giorgio Cuvier (1769–1832), il quale, con lo

Classificazione di Linneo.

ANIMALI, Cuore

		Classi	Ordini
con 4 cavità, sangue caldo e rosso.	vivipari	**Mammalia.**	— *Primates, Bruta, Ferae, Glires, Pecora, Belluae, Cete.*
	ovipari	**Aves**	— *Accipitres, Picae, Anseres, Grallae, Gallinae, Passeres.*
con 2 cavità, sangue rosso e freddo: respirano.	per polmoni ma non ritmicamente	**Amphibia** .	— *Reptiles, Serpentes, Nantes.*
	per branchie esterne .	**Pisces** . . .	— *Apodes, Jugulares, Toracici, Abdominales.*
con una sola cavità, sangue freddo e bianco.	con antenne articolate.	**Insecta** . .	— *Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera, Hymenoptera, Diptera, Aptera.*
	con tentacoli (antenne non articolate) . . .	**Vermes** . .	— *Intestina, Mollusca, Testacea, Lithophyta, Zoophyta.*

Classificazione di Linneo.

ANIMALI, Cuore

		Classi	Ordini
con 4 cavità, sangue caldo e rosso.	vivipari	**Mammalia.**	— *Primates, Bruta, Ferae, Glires, Pecora, Belluae, Cete.*
	ovipari	**Aves**	— *Accipitres, Picae, Anseres, Grallae, Gallinae, Passeres.*
con 2 cavità, sangue rosso e freddo: respirano.	per polmoni ma non ritmicamente	**Amphibia** .	— *Reptiles, Serpentes, Nantes.*
	per branchie esterne .	**Pisces** . . .	— *Apodes, Jugulares, Toracici, Abdominales.*
con una sola cavità, sangue freddo e bianco.	con antenne articolate.	**Insecta** . .	— *Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera, Hymenoptera, Diptera, Aptera.*
	con tentacoli (antenne non articolate) . . .	**Vermes** . .	— *Intestina, Mollusca, Testacea, Lithophyta, Zoophyta.*

studio anatomico e comparato degli animali, stabilì il *valore relativo* dei loro caratteri interni, applicando alle classificazioni zoologiche lo stesso principio della *subordinazione dei caratteri,* che servì di base ad un ordinamento naturale dei vegetali (1ª, § 162 e 164). Trovò che, in ordine di importanza, prima devono considerarsi i caratteri del sistema nervoso; poi quelli del sistema passivo dell'apparato motore (scheletro e dermascheletro); della mutua e simmetrica disposizione generale delle parti del corpo (1); dell'apparato circolatorio, respiratorio e generativo. Questo studio comparativo del modo con cui variano i caratteri dell'organismo animale gli uni relativamente agli altri, condusse Cuvier a stabilire il principio, che ha chiamato delle *condizioni di esistenza* o della *correlazione dei caratteri,* così espresso: *L'organismo animale forma un tutto completo, nel quale niuna delle parti può subire modificazioni, senza che anche in tutte le altre parti si inducano trasformazioni corrispondenti.* Per esempio, negli animali mammiferi, cambiando la forma dei denti molari, devono subire trasformazioni corrispondenti le mascelle, gli arti, i muscoli, gli organi dei sensi, gli istinti; tutti quei caratteri insomma, che distinguono un animale erbivoro da un carnivoro o rosicante o frugivoro.

In base a questi principii, Cuvier dimostrò che in tutto il regno animale esistono quattro piani generali di struttura, che egli chiamò *branche,* corrispondenti ai gruppi chiamati *tipi* dai moderni (2). Questi quattro tipi (*Vertebrati, Molluschi, Articolati, Raggiati*), sono gruppi di grado superiore alle classi di Linneo e degli altri zoologi anteriori: quindi vennero da Cuvier suddivisi in *classi,* e queste in *ordini,* e poi in *famiglie* e *generi.*

Daremo i caratteri dei quattro tipi degli animali, secondo Cuvier, limitandoci a indicare i nomi delle classi e degli ordini.

Tipo I. Vertebrati. — Sistema nervoso cerebro-spinale posto lungo la linea mediana dorsale del corpo e racchiuso in uno inviluppo osseo (cranio e colonna vertebrale); 4 arti al

(1) Per la disposizione delle parti del corpo, gli animali possono essere *irregolari* ovvero *simmetrici* e la simmetria può essere: 1°. *bilaterale*; 2°. *raggiata*. Nel primo caso esiste un solo piano che divide il corpo in due parti uguali; nel secondo caso le parti del corpo sono disposte a modo di raggi, intorno a un centro, ed esistono due o più piani di simmetria, passanti per questo centro. Gran parte degli animali a simmetria bilaterale presentano il corpo diviso trasversalmente in segmenti uguali o disuguali (metameri, anelli o zoniti).

(2) Blainville nel 1819 usò pel primo la parola *tipi* invece di *branche,* per indicare le grandi divisione del regno animale.

più; sangue rosso; cuore muscolare; bocca con 2 mascelle, sensori distinti.

1.ª Classe: *Mammiferi* (Ordini: Bimani, Quadrumani, Carnivori, Marsupiali, Roditori, Sdentati, Pachidermi, Ruminanti, Cetacei).
2.ª Classe: *Uccelli* (Ordini: Rapaci, Passeracei, Rampicanti, Gallinacei, Trampolieri, Palmipedi).
3.ª Classe: *Rettili* (Ordini: Cheloni, Sauri, Ofidî, Batraci).
4.ª Classe: *Pesci* (Ordini: Acantotteri, Addominali, Subbranchiali, Apodi, Lofobranchi, Plectognati, Sturionidi, Selacidi, Ciclostomi).

Tipo II. Molluschi. — Sistema nervoso formato da gangli sparsi nel corpo e riuniti per filamenti nervosi; i gangli principali circondano l'esofago. Pelle molle e contrattile, che secerne una conchiglia calcarea. Circolazione in gran parte vascolare. Organi della respirazione e dei sensi distinti.

1.ª Classe: *Cefalopodi*.
2.ª Classe: *Pteropodi*.
3.ª Classe: *Gasteropodi* (Ordini: Pulmonati, Nudibranchi, Inferobranchi, Tectibranchi, Eteropodi, Pettinibranchi, Tubulibranchi, Scudibranchi, Ciclobranchi).
4.ª Classe: *Acefali* (Ordini: Testacei e Tunicati).
5.ª Classe: *Brachiopodi*.
6.ª Classe: *Cirropodi* (Balani).

Tipo III. Articolati. — Sistema nervoso formato da una catena di gangli, il primo dei quali sta sopra l'esofago, gli altri lungo il ventre; corpo diviso in anelli; pelle, in generale, indurita: membra articolate in numero vario, mascelle, se esistono, articolate lateralmente.

1.ª Classe: *Anellidi* (Ordini: Tubicoli, Dorsibranchi, Abranchi).
2.ª Classe: *Crostacei* (Ordini: Decapodi, Stomapodi, Amfipodi, Lemodipodi, Isopodi, Branchipodi, Pecilopodi, Trilobiti).
3.ª Classe: *Aracnidi* (Ordini: Polmonati, Tracheati).
4.ª Classe: *Insetti* (Ordini: Miriapodi, Tisanuri, Parassiti, Succhiatori, Coleotteri, Ortotteri, Emitteri, Neurotteri, Imenotteri, Lepidotteri, Ripitteri, Ditteri).

Tipo IV. Raggiati. — Parti del corpo senza simmetria bilaterale, ma disposte intorno a un centro comune; sistema nervoso con disposizione radiale e non bene distinto. Organi di respirazione superficiale: circolazione mancante o solo rudimentale.

1.ª Classe: *Echinodermi* (Ordini: Pedicellati e Apodi).
2.ª Classe: *Vermi intestinali* (Ordini: Nematodi, Parenchimatosi).
3.ª Classe: *Acalefi* (Ordini: Semplici ed Idrostatici).
4.ª Classe: *Polipi* (Ordini: Carnosi, Gelatinosi, con polipai).
5.ª Classe: *Infusori* (Ordini: Rotiferi, Omogenei).

123. **Concetto delle classificazioni odierne.** — Nelle classificazioni moderne si mantiene l'ordinamento degli animali in

tipi, come divisioni primarie: anzi si ammettono nove tipi invece di quattro: ma si ritiene che tali tipi non siano piani di struttura assolutamente distinti e indipendenti, come pensava Cuvier, ma che formino una *serie* sola, verificandosi i più graduati passaggi da un tipo all'altro, per mezzo di forme intermedie. Per quegli zoologi poi che ritengono le specie animali derivate, per lente trasformazioni, le une dalle altre (evoluzionismo), questa serie non è soltanto l'espressione delle affinità e diversità morfologiche degli animali, ma rappresenta anche, nelle sue linee generali, la loro *filogenesi,* cioè il loro albero genealogico.

Nelle moderne classificazioni, non si tiene conto solamente dei caratteri dell'animale, che ha raggiunto il suo completo sviluppo; ma anche di tutte le forme, per le quali passa nella sua vita embrionale (*ontogenesi*) (§ 64); poichè si è constatato che, nello sviluppo dell'embrione di un organismo elevato, si succedono molte forme comparabili a quelle definitive di animali inferiori, i quali perciò vengono classificati in serie, nell'ordine stesso con cui le forme embrionali corrispondenti si seguono l'una all'altra.

124. **Classificazioni moderne, caratteri dei tipi.** — La prima modificazione importante introdotta da Siebold (nel 1843) nella classificazione di Cuvier, fu quella di separare dai Raggiati gli *Infusori* e i *Rizopodi,* formando con essi un quinto tipo, detto dei *Protozoi.*

Più tardi (verso il 1847) Leuckart distinse, nei Raggiati di Cuvier, due tipi, cioè: gli *Echinodermi* e i *Celenterati;* altri zoologi più recenti dimostrarono doversi formare un gruppo primario colle *Spugne,* che pure appartenevano all'antico tipo dei Raggiati; i quali in tal modo risultarono divisi in quattro tipi: *Protozoi, Poriferi* o *Spugne, Celenterati* ed *Echinodermi.* Siebold e Leuckart sostituirono pure due tipi, *Artropodi* e *Vermi,* a quello degli Articolati. Infine, Claus aggiunse il tipo dei *Tunicati,* tra i Vertebrati ed i Molluschi. In conclusione, noi divideremo gli animali in nove grandi gruppi primarî o tipi, e li disporremo in *serie ascendente,* nel seguente modo: *Protozoi, Poriferi, Celenterati, Echinodermi, Vermi, Artropodi, Molluschi, Tunicati* e *Vertebrati.*

Daremo i caratteri di questi nove tipi, ed esporremo la loro divisione in classi, aggiungendo esempi per ciascuna.

Tipo I. Protozoi. — Animali piccolissimi, in generale microscopici, sempre unicellulari, ossia privi di organi cellulari differenziati. Si riproducono per scissione o per germi (§ 61).

Tipo II. Poriferi (Spugne). — Corpo sacciforme, spesso ramificato e spugnoso, formato da cellule nude ameboidi, e da una impalcatura solida, costituita da un intreccio di filamenti cornei e da spicule silicee ovvero calcaree (1); la parete presenta numerosi forellini o *pori*, in comunicazione con un sistema di canali interni, ed uno o pochi fori più grandi detti *osculi*.

L'acqua entra per i pori e esce per gli osculi, ed è messa in movimento da ciglia vibratili, che tappezzano internamente

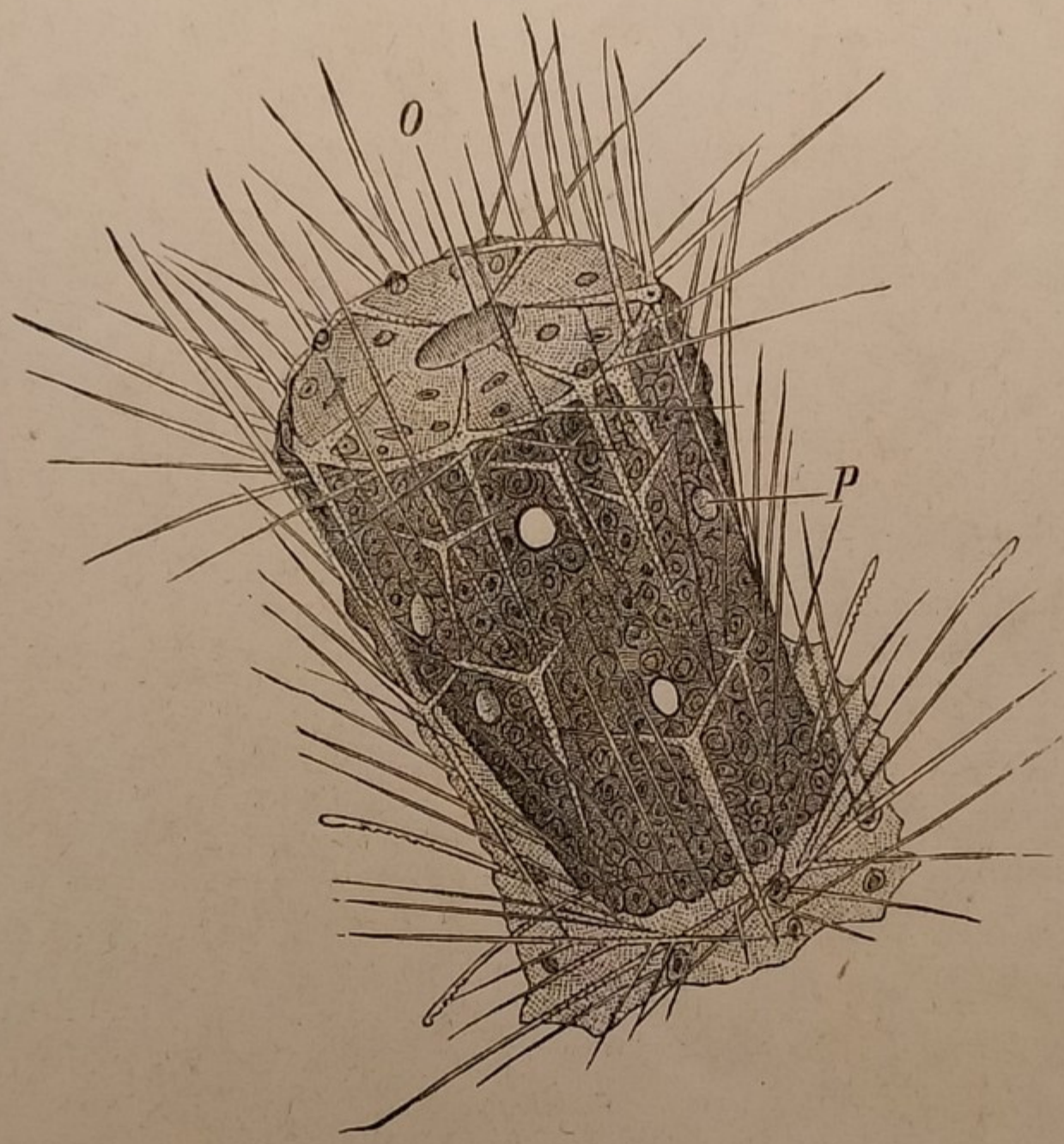


Fig. 142.

i canali. Si riproducono per uova, ovvero per gemme, che si staccano o no: dall'uovo nasce una larva cigliata (fig. 142), che nuota liberamente e poi si fissa. Le spugne, che hanno più osculi, sono colonie formate dalla riunione di più individui primitivamente isolati, o per via di gemmazione.

Il Claus considera le spugne come formanti la classe infima nei Celenterati.

142. — Giovane spugna (Sycon): — *O*, osculo; — *P*, pori della parete.

(1) Le spicule calcaree hanno forma di aghetti semplici, ovvero con tre o quattro raggi: quelle silicee hanno forme diversissime di aghi, di fusi, di uncini, di ancore, ecc.

Tipo III. Celenterati (1) o Cnidarii. — Animali con simmetria raggiata, aventi due, quattro o sei piani di simmetria; esiste una cavità digerente. ma senza parete distinta dal tegumento esterno; questa cavità si apre all'esterno, per mezzo d'una sola apertura, la quale è circondata da una corona di

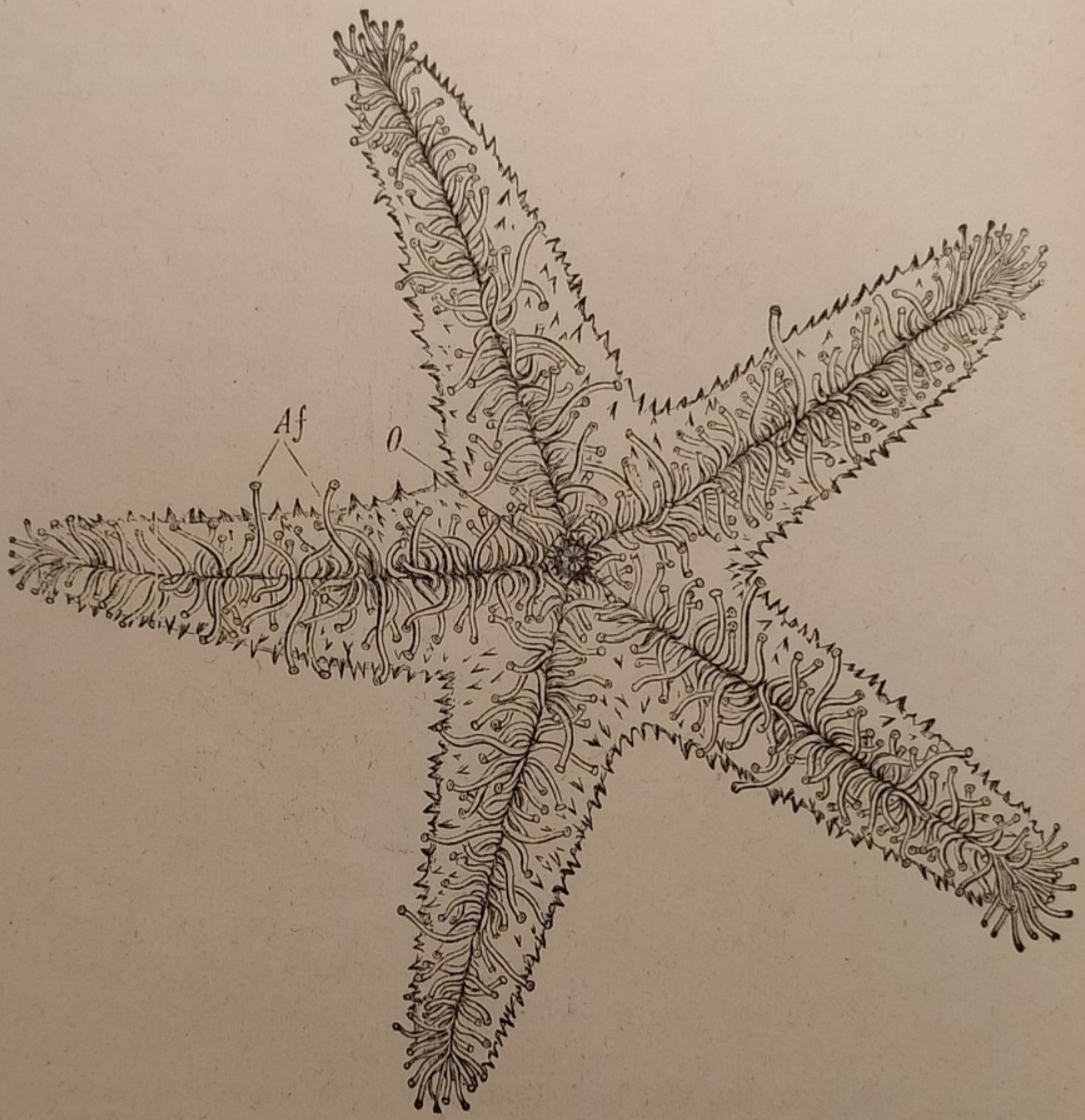


Fig. 143.

tentacoli, che servono alla presa degli alimenti (fig. 24). L'integumento serve anche per apparato circolatorio e per la respirazione, per la quale contiene dei canali periferici semplici o ramificati: vi sono tracce di sistema nervoso e qualche volta organi di sensi e fibre muscolari. La riproduzione è agamica o sessuale; lo sviluppo avviene con metamorfosi e metagenesi.

143. — Echinaster, visto dal lato orale: — *O*, bocca; — *Af*, pedicelli ambulacrali.

(1) Da *κοιλον* cavità e *εντερον*, intestino.

Spesso vivono in colonie e molti secernono un involucro pietroso (polipaio). Sono tutti acquatici.

Tipo IV. Echinodermi. — Animali marini a simmetria raggiata (almeno in apparenza), con disposizione quinaria (fig. 143); in alcuni i raggi sono ineguali. La pelle è indurita da materia calcarea, in forma di placche o di spicule; il tubo digerente è distinto dal tegumento esterno e aperto alle due estremità. L'apparato circolatorio è pure distinto, formato da una rete di vasi intorno all'esofago, da cui partono cinque vasi radiali: la respirazione avviene per vasi acquiferi, per mezzo dei quali l'acqua, che entra per i forellini della *piastra madreporica*, riempie e rende turgidi i *pedicelli ambulacrali*. Questi sono piccoli tubi o tentacoli, destinati alla locomozione, che escono da forellini esistenti nelle placche calcaree. Il sistema nervoso è formato da gangli disposti ad anello intorno alla bocca. La riproduzione è sessuale e con metamorfosi; le larve sono cigliate e con simmetria bilaterale.

Tipo V. Vermi. — Animali a simmetria bilaterale col corpo non diviso in anelli (Vermi p. d.), ovvero formato da segmenti o zoniti simili tra loro (Anellidi) e sempre mancanti di appendici articolate. Il corpo è talvolta corto e piatto (Platelminti), tal'altra allungato e cilindrico (Nematelminti), munito di un involucro muscoloso cutaneo: vi si distingue sempre una faccia dorsale e una ventrale, su cui l'animale cammina. Il sistema nervoso in alcuni presenta un ganglio cefalico e una catena di gangli ventrali, in altri il solo ganglio cefalico; in altri è rudimentale. Alcuni hanno un tubo digerente semplice, altri ne sono privi (vermi parassiti). La respirazione è cutanea, ovvero per appendici branchiali. La riproduzione e sessuale, gemmipara e scissipara; talvolta con metagenesi e metamorfosi. Molti vivono nelle acque, altri nella terra umida, altri sono parassiti.

Tipo VI. Artropodi. — Animali senza scheletro interno, con simmetria bilaterale, divisi in segmenti trasversali (anelli o zoniti), con appendici articolate ed in numero pari. Il corpo è diviso in due regioni (capo e tronco) o in tre (testa, torace e addome); la pelle è indurita dalla *chitina;* il sistema nervoso presenta un ganglio nella testa, un collare esofageo e una catena ganglionare sotto-intestinale. Gli organi dei sensi sono ben sviluppati. L'apparato digerente nettamente distinto, in alcuni con apparecchi glandolari. Apparato circolatorio in parte vascolare, in parte lacunare, e organi distinti di respirazione, cioè trachee, branchie o sacchi polmonari. Riproduzione sessuale ovipara, in generale con metamorfosi.

Tipo VII. Molluschi. — Animali a simmetria bilaterale, non divisi in anelli, senza piedi articolati, con pelle molle, vischiosa, la quale presenta un ripiegamento (mantello), che avvolge tutto o in parte il corpo, e che secerne una conchiglia di sostanza calcarea. Sistema nervoso formato da gangli cefalici, anello esofageo e gangli viscerali, riuniti per filamenti nervosi. Quasi sempre vi sono organi del tatto, dell' udito e della vista: tubo digerente differenziato in tre parti, con un fegato voluminoso; sistema circolatorio distinto in arterie e vene, non completamente vascolare, ma con un cuore arterioso: respirazione per branchie o per polmoni; riproduzione sempre sessuale per uova; alcuni sono ermafroditi.

Tipo VIII. Tunicati. — Animali marini piccoli, a forma

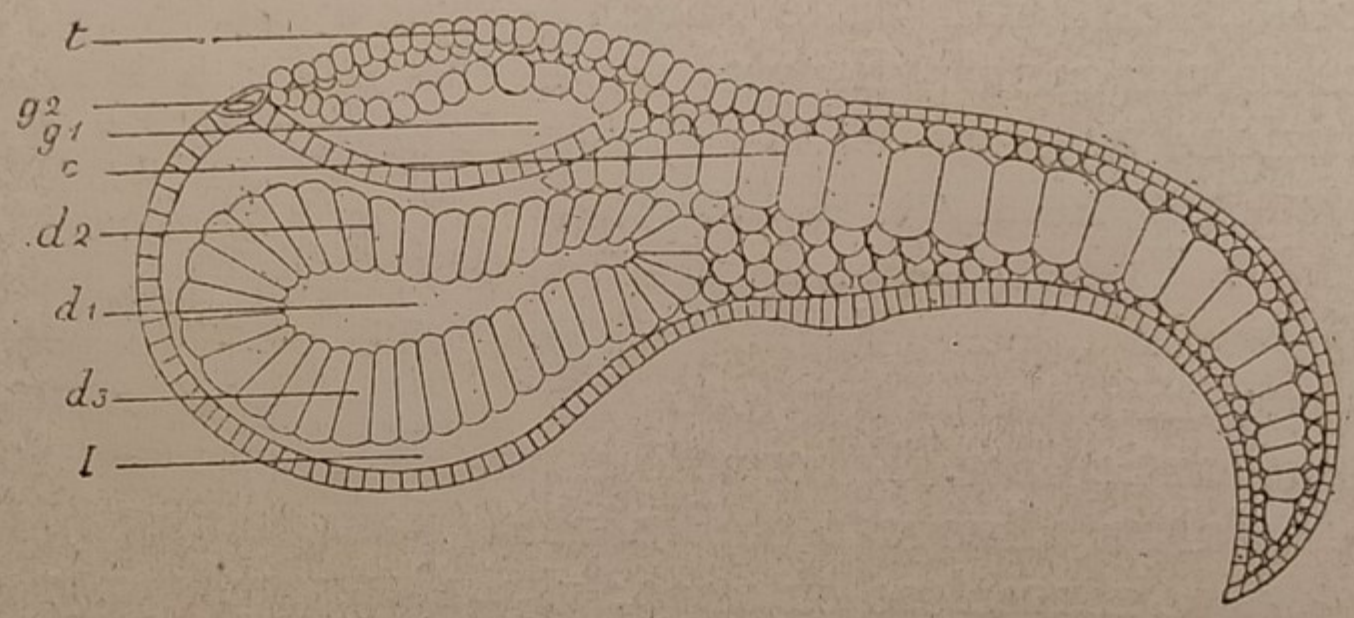


Fig. 144.

di sacco o di botticella, con simmetria bilaterale, con tegumento gelatinoso-cartilagineo (mantello), che avvolge completamente il corpo (figg. 144 e 159); apparato digerente con due aperture distinte, con stomaco, fegato, intestino: la faringe contiene le branchie, ed è munita di una doccia cigliata e glandulare, detta *endostilo* (fig. 159): hanno cuore, vasi e lacune per la corrente sanguigna; riproduzione sessuale con ermafrodismo e moltiplicazione per gemme. Allo stato di larva presentano una *corda dorsale*, che è un rudimento di colonna vertebrale, simile alla notocorda dell'Amphioxus, che è il più semplice dei vertebrati (1). Sopra la corda dorsale esiste un tubo midollare, che rappresenta il midollo spinale. Le Ascidie (fig. 144), fatte adulte, perdono la corda dorsale e gli organi

144. — Larva di Ascidia: *t*, ectoderma; — *c*, corda dorsale; — g^1, tubo midollare; — g^2, sua apertura; — d_1, cavità digerente; — d_2, sua parete dorsale; — d^3, ventrale; — *l*, cavità embrionale.

(1) Per questo carattere comune, alcuni moderni zoologi riuniscono l'Amphioxus coi Tunicati e ne fanno un solo tipo dei *Protovertebrati*.

di locomozione (metamorfosi regrediente, § 67). Però alcuni Tunicati conservano la notocorda per tutta la vita.

Tipo IX. VERTEBRATI. — Animali a simmetria bilaterale, con estremità in numero non mai maggiore di quattro e scheletro interno cartilagineo od osseo: sistema nervoso cerebro-spinale e del gran simpatico: il primo situato totalmente al di sopra del tubo digerente; la bocca provvista di mascelle, che si muovono in senso verticale. Il sangue è rosso e contenuto in un sistema di vasi chiusi, il cui centro è il cuore, avente da due a quattro cavità. La respirazione è polmonare o branchiale. La riproduzione sempre sessuale.

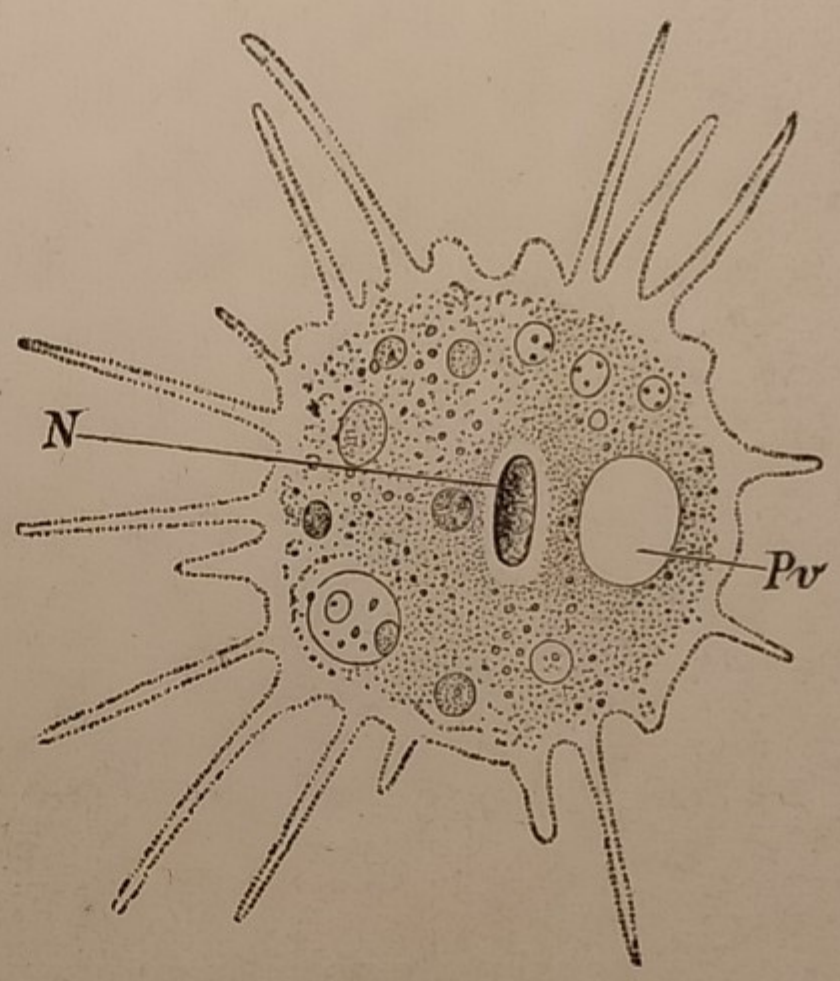


Fig. 145.

125. **Cenni sulle classi degli animali e su alcuni ordini più importanti.** — Il tipo dei PROTOZOI si divide in tre classi cioè:

1.ª *Rizopodi.* — Animaletti unicellulari, formati da una massa protoplasmatica, senza membrana involgente, e senza forma costante, poichè produce prolungamenti retrattili, detti *pseudopodi*. Alcuni sono privi di parti dure (*Amebe*): altri presentano uno scheletro calcareo, simile ad una conchiglietta con numerosi forellini, attraverso i quali passano i pseudopodi (*Foraminiferi*), ovvero uno scheletro siliceo, formato da spicole per lo più irraggianti dal centro (*Radiolarî*). Molti presentano un vacuolo pulsante (fig. 145).

2.ª *Gregarine.* — Sono formate da una o due cellule, con membrana distinta, munita d'una specie di rostro, col quale aderiscono al corpo di altri animaletti, di cui sono parassiti; si chiamano anche *sporozoi*, perchè si riproducono per germi, previa una *coniugazione* simile a quella di certe alghe (vedi parte 1.ª, § 141). Due individui simili si uniscono e si coprono di un involucro comune (ciste), entro il quale si formano tanti corpuscoli tondeggianti riproduttori, detti pseudonavicule (fig. 146).

3.ª *Infusorî.* — Animaletti di forma definita, con membrana distinta, con apertura boccale, un vacuolo pulsante e

145. — Ameba: — *N*, nucleo; — *Pv*, vacuolo contrattile.

uno o più nuclei. Vivono specialmente nelle acque stagnanti e nelle infusioni. I più semplici sono muniti di una sola o

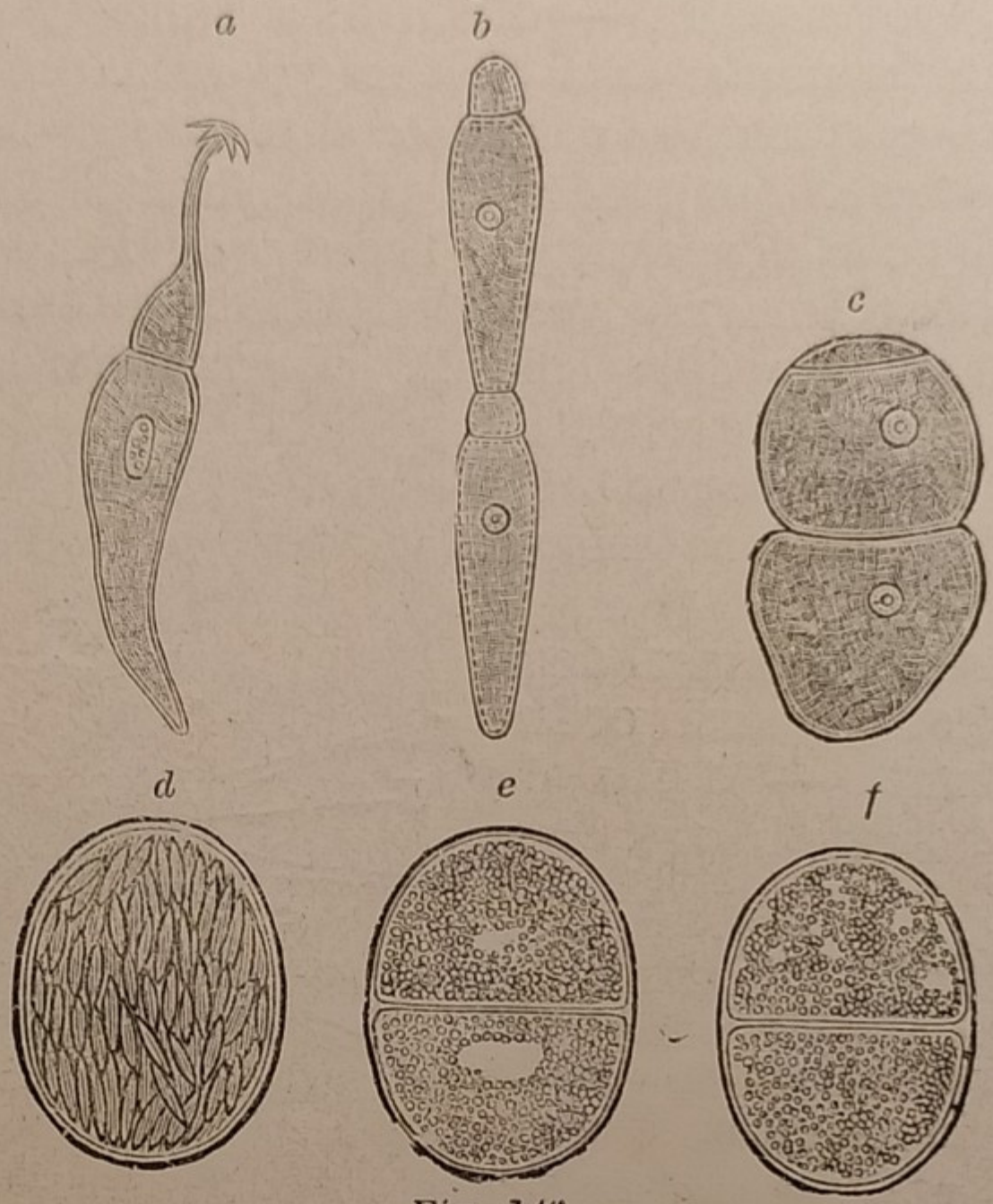


Fig. 146.

poche setole (flagelli) per il movimento; gli altri, aventi nucleo, bocca e ano distinti, sono coperti da numerose ciglia e uncini.

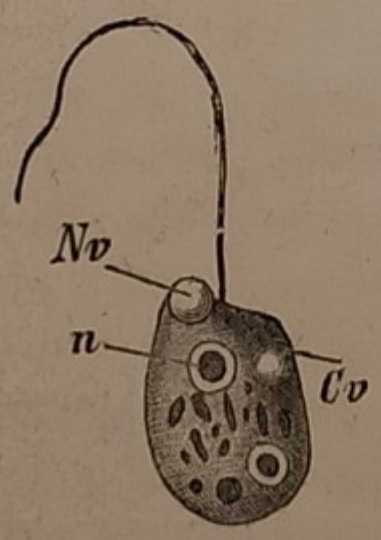


Fig. 147.

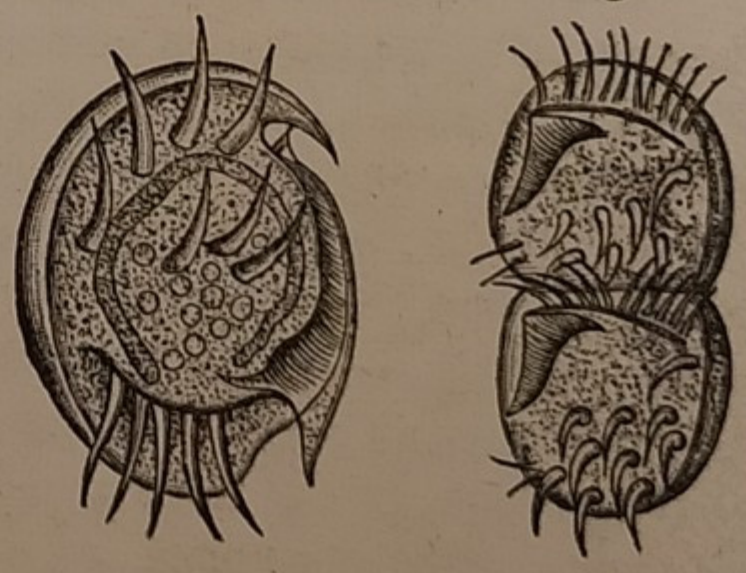


Fig. 148.

Perciò si dividono in due ordini: *Flagellati* (figg. 116 e 147) e *Cigliati* (figg. 116 e 148) (es. Vorticella). Tra i primi sono

146. — *a*, Gregarina; — *b*, due gregarine in via di congiunzione; — *c*, principio dell'incistamento; — *d*, *e*, incistate; — *f*, ciste con pseudonavicule mature (da Stein e Koll).

147. — Oikomonas termo (dell'ordine dei Flagellati): — *n*, nucleo; — *cv*, vacuolo contrattile; — *Nv*, vacuolo boccale.

148. — *a*, Aspidisca lincaster (da Stein); — *b*, Aspidisca polystyla in via di divisione.

notevoli le Noctiluche, animaletti fosforescenti, esistenti nell'acqua di molti mari, presso la superficie. Si riproducono per scissione, e alcuni (Cigliati), anche per gemmazione e per coniugazione.

Il tipo dei Poriferi si divide in due classi, cioè:

1.ª *Calcispugne.* — Spugne marine, munite di uno sche-

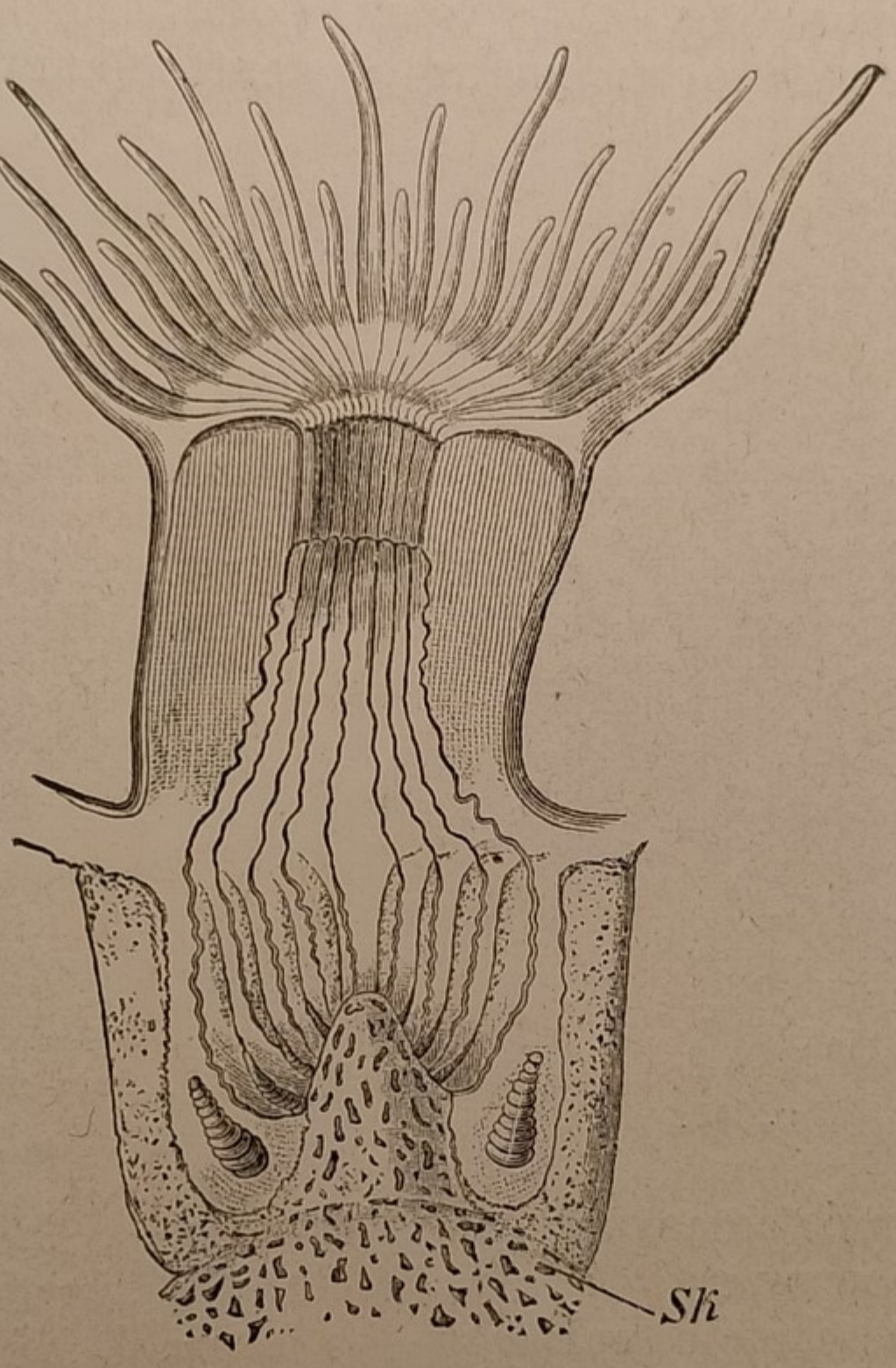


Fig. 149.

letro formato da spicule calcaree, fatte a stella di 3 a 4 raggi (fig. 142).

2.ª *Fibrospugne.* — Talvolta senza scheletro, ovvero con scheletro formato da fibre cornee e corpuscoli silicei (es. Euspongia officinalis), ovvero formato da un intreccio di minute spicule silicee.

Il tipo dei Celenterati comprende tre classi:

1.ª *Antozoi (Polipi, Coralli).* — Animali acquatici, in generale piccoli, col corpo a forma di tubetto, con una sola aper-

149. — Sezione verticale, attraverso un polipo dell'*Astroides calycularis:* mostra l'orificio boccale e il tubo esofageo, coi sepimenti e le lamine calcaree; tra quest'ultime vi è la columella *Sk* (da Lucaze Duthiers).

tura (bocca), circondata da un numero vario di tentacoli: il corpo è diviso internamente pel lungo in tante tasche gastriche, quanti sono i tentacoli, per mezzo di pieghe radiali *(setti mesenteriali)*. Per lo più vivono in colonie di molti individui, uniti insieme e generati l'uno sull'altro per gemmazione (§ 61). Si dividono in *Alcionari e Zoantari;* i primi, a cui appartiene il Corallo rosso (fig. 150), hanno otto tentacoli retrattili; i secondi presentano un numero di tentacoli multiplo di sei: tra

Fig. 150.

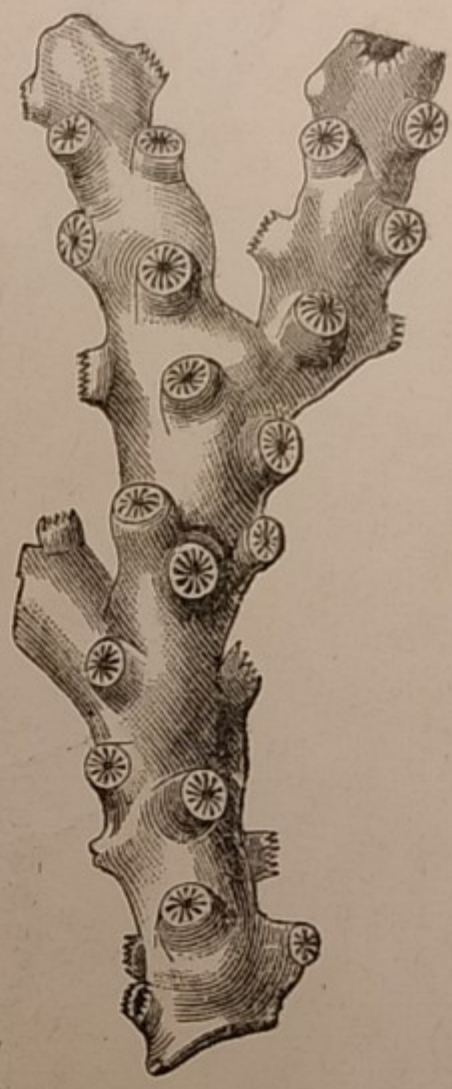


Fig. 151.

questi, alcuni (come per es., le Attinie o Anemoni di mare) hanno il corpo privo di parti solide; altri, in numero maggiore hanno uno scheletro calcareo, che forma il così detto *polipaio*, come nelle Madrepore, Astree, Fungie, Oculine (figg. 149 e 151).

2.ª *Idrozoi.* — Sono polipi marini, con corpo molle, gelatinoso, per lo più a forma di campanelle od ombrelle, provvisti di organi urticanti (Acalefi di Cuvier): presentano metamorfosi nelle quali la larva, che è fissa, si riproduce per gemme o per scissione e la forma perfetta e libera per uova (Medusa, fig. 80): le Sifonofore (Fisofora, Algoma, fig. 87) vivono in colonia, formata dall'unioue di individui diversi per forma e per ufficio (polimorfismo): molti sono fosforescenti.

3.ª *Ctenofori.* — Animali marini, che vivono in individui liberi, col corpo gelatinoso trasparente, globoso-ovale (Beroe,

150. — Ramo di polipaio di Corallo rosso: — *P*, polipo.
151. — Ramo del polipaio di Oculina speciosa.

fig. 152), ovvero nastriforme (Cestus veneris). Alcuni possiedono capsule urticanti, altri ne mancano; hanno due filamenti tattili, retrattili e prensili e otto costole superficiali, longitudinali, formate da tante palette ciliate, disposte come i denti di un pettine (onde il nome di Ctenofori da κτείς, pettine), che servono per il moto. Sono ermafroditi e alcuni presentano metamorfosi.

Il tipo degli Echinodermi si divide in quattro classi, cioè:

1.ª *Crinoidi.* — Col corpo sferico o a forma di calice, portato da un peduncolo articolato di sostanza calcarea, pel quale stanno infissi al fondo del mare. Il calice è pure indurito da piastre calcaree e dai suoi margini partono delle braccia mobili, spesso ramificate (fig. 153).

2.ª *Asteroidi.* — Col corpo piatto diviso in cinque braccia o raggi (Stella di mare), con pedicelli ambulacrali solo alla faccia ventrale (fig. 143), dove hanno pure la bocca.

3.ª *Echinoidi.* — Di forma globulosa, con tegumento costituito da piastre calcaree, saldate tra loro e disposte in 20 serie meridiane: i pedicelli ambulacrali sono distribuiti su tutto il corpo in zone, alternanti con zone di placche imperforate e quindi prive di pedicelli: la bocca è munita di apparato masticatore. Si dividono in *regolari* (Riccio di mare) ed *irregolari* (Spatango).

Fig. 152.

4.ª *Olutoroidi.* — Hanno corpo allungato, subcilindrico, bocca circondata da tentacoli retrattili, tegumento reso coriaceo dalla presenza di turbercoli e spicule calcaree.

Il tipo dei Vermi si divide in 7 classi cioè:

1.ª *Platelminti.* — Vermi col corpo piatto allungato, munito di ventose od uncini ad una estremità: tubo digerente imperfetto o mancante, respirazione cutanea o per vasi acquiferi: la maggior parte parassiti (entozoi). Sono ermafroditi, presentano sviluppo con generazione alternante (Tenia o Verme solitario).

2.ª *Nematelminti.* — Vermi dal corpo cilindrico, allungato, talvolta filiforme, muniti di ventose od uncini alla loro estre-

152. — Un Ctenoforo (Beroe ovatus): — *Ot*, otocisti; — *Tr*, imbuto.

mità anteriore: molti hanno tubo digerente e sessi separati; sono quasi tutti entozoi, cioè parassiti di animali superiori; per esempio vivono nell'uomo gli Ascaridi, le Filarie, la Trichina, i Tricocefali.

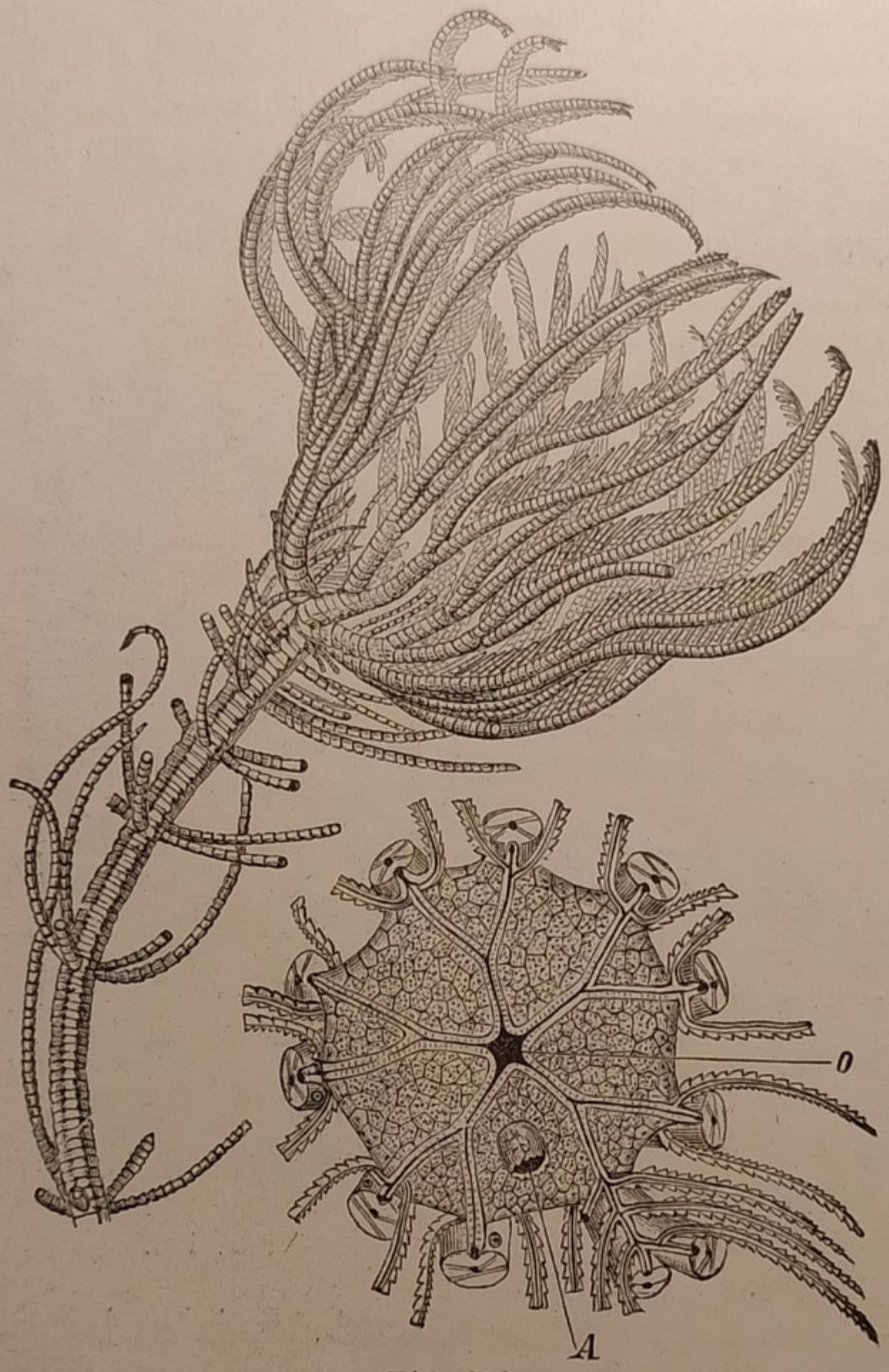


Fig. 153.

3.ª *Rotiferi* (fig. 154). — Vermi piccolissimi, che vivono nelle acque dolci e presentano all'estremità anteriore un apparato ciliare retrattile *(organo rotatorio)*, col quale imprimono un rapido movimento rotatorio all'acqua circostante: hanno un ganglio cerebrale e vasi acquiferi, che servono per escrezioni, essendo la respirazione cutanea. La riproduzione è sessuale. Alcuni rotiferi sono notevoli perchè disseccati rimangano in uno stato d'immobilità da sembrare morti, ma poi, rimessi nell'acqua ritornano a vita. Questo fenomeno si chiama *reviviscenza*.

4.ª *Discofori*. — Hanno corpo cilindroide contrattile, diviso in tanti anelli, con ventosa ad ambedue le estremità e tre mascelle cornee alla bocca (Mignatta).

5.ª *Anellidi*. — Hanno corpo allungato, diviso in un gran numero di segmenti trasversali, i quali talvolta portano setole

153. — *Pentacrinus caput medusae*: — *O*, bocca; — *A*, apertura anale (da Müller).

per organi di moto (Lombrico terrestre) e branchie esterne a ciuffo per la respirazione (Arenicola): hanno ganglio cefalico, anello esofageo e catena gangliare ventrale. Alcuni abitano entro tubi calcarei o membranosi (Serpule, Spirographis) e hanno filamenti branchiali, disposti a spirale intorno alla bocca.

6.ª *Briozoi.* — Animaletti fissi allo stato adulto, racchiusi

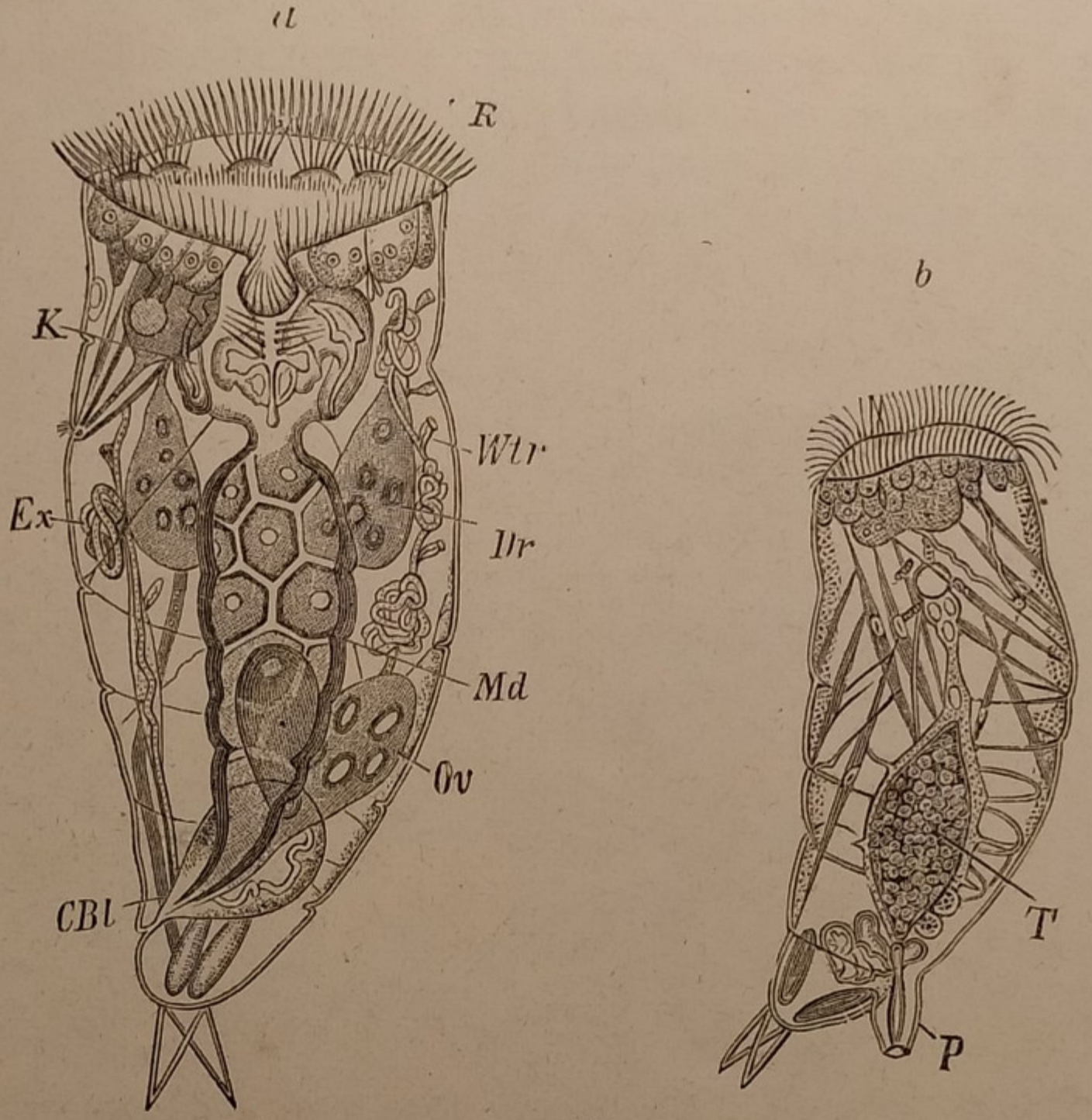


Fig. 154.

in una teca chitinosa o calcificata, riuniti in colonie a forma coralloide o più frequentemente distesa come una membrana incrostante. La bocca è circondata da una corona di ciglia tentacolari (fig. 155).

7.ª *Brachiopodi.* — Animali marini, forniti di una conchiglia calcarea, simile a quella dei molluschi (1), con due braccia boccali, ravvolte a spira; sono fissi a corpi esterni o

154. — *Hydatina senta*. — *a*, femmina; — *b*, maschio; — *R*, organo rotatorio; — *K*, mascelle; — *Dr*, glandule salivari; — *Md*, intestino gastrico; — *Ov*, ovario; — *Wtr*, imbuto ciliare dell'apparato escretore *Ex*; — *CBl*, vescicola contrattile; — *TP*, organi di riproduzione (da Cohn).

(1) Perciò Cuvier classificava questi animali nei molluschi. Alcuni moderni zoologi considerano i Brachiopodi e i Briozoi come formanti un tipo a sè, detto dei *Molluscoidi*, che mettono tra gli Artropodi e i Molluschi.

direttamente per mezzo della valva ventrale, ovvero per mezzo di un peduncolo, che esce da un orifizio della valva stessa (fig. 156).

Il tipo degli Artropodi comprende 4 classi, cioè:

1.ª *Crostacei.* — Animali colla testa fusa con uno o più segmenti successivi del corpo: hanno due paia d'antenne, mandibole con palpi; piedi numerosi (5 o più paja), inseriti al torace e talvolta anche all'addome; la respirazione è acquatica per branchie: la riproduzione sessuale, con metamorfosi e la larva (che si chiama *Nauplius*) ha tre paja di arti, che corrispondono alle antenne e alle mandibole dell'animale adulto. Alcuni hanno la pelle indurita

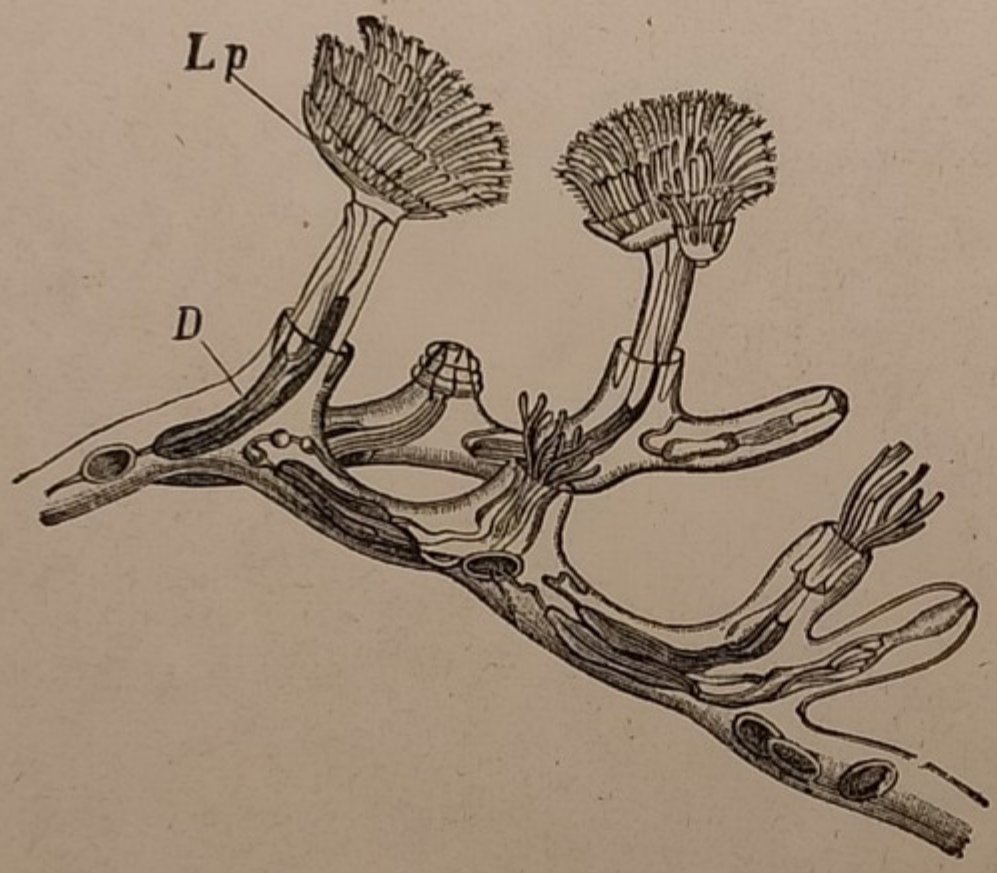


Fig. 155.

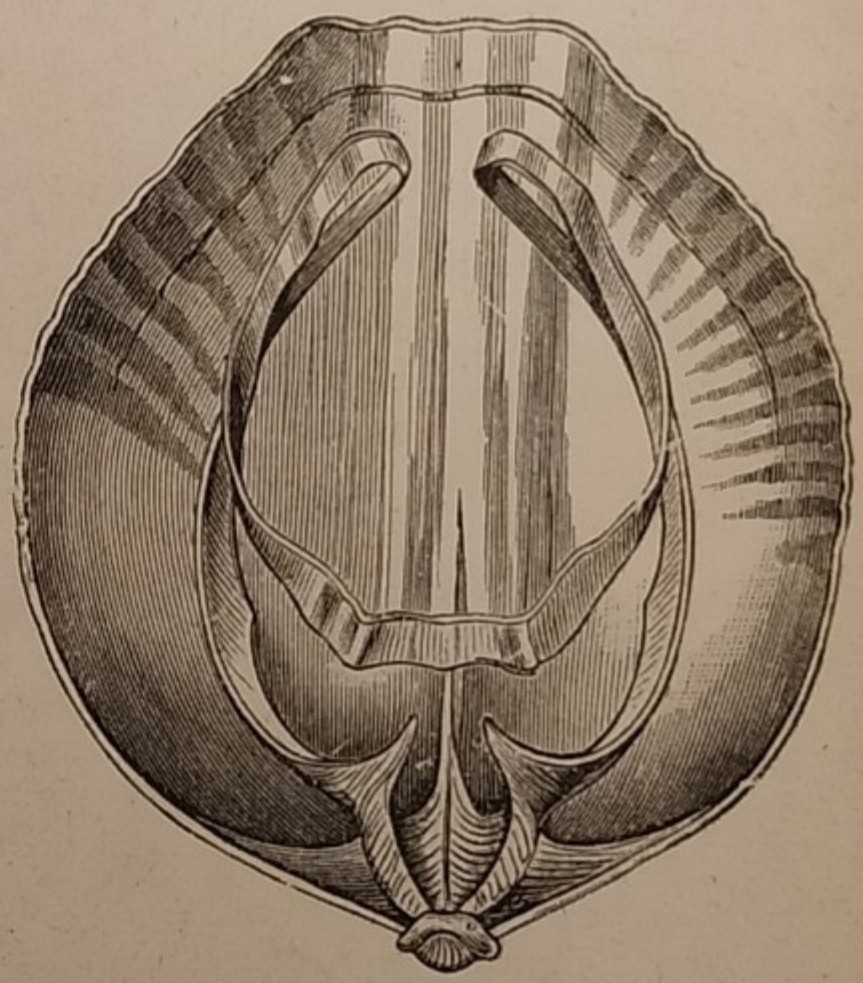


Fig. 156.

da sostanza calcarea (Gambero, Aragosta, Granchi): altri presentano una specie di scudo (Apo), ovvero un nicchio bivalve (Daphnia); altri sono racchiusi in un guscio, formato da pezzi calcarei (Balani e Lepadi), risultante dall'indurimento di un mantello, come nei molluschi, a cui Cuvier li aggregava, chiamandoli *Cirripodi,* perchè muniti di sei piedi-cirri.

2.ª *Aracnidi.* — Hanno il corpo diviso in cefalo-torace e addome (negli Scorpioni preaddome e postaddome), 4 paja di zampe, antenne trasformate in organi mandibolari, 2-12 occhi semplici, respirazione aerea per trachee o sacchi polmo-

155. — Plumatella repens, un poco ingrandita (classe dei Briozoi); — *Lp*, lofoforo; — *D*, tubo digerente.

156. — Guscio dorsale della *Waldheimia australis*, con lo scheletro brachiale (da Hancock).

nari (trachee a ventaglio); riproduzione ovipara, in alcuni vivipara (Scorpioni), senza metamorfosi.

3.ª *Miriapodi.* — Con capo distinto, munito di un pajo d'antenne e 2–3 paja di mascelle: numerosi segmenti, quasi uguali, formanti il tronco, ciascuno dei quali porta 1–2 paja di piedi; respirazione per trachee (Iulo e Scolopendra).

4.ª *Insetti* o *Esapodi.* — Hanno corpo diviso in testa, torace e addome, un pajo d'antenne, 3 paja di zampe al torace, che risulta di 3 anelli, 2 paja d'ali (di cui uno può essere rudimentale), occhi semplici e composti, respirazione aerea per trachee, riproduzione ovipara, con metamorfosi completa o incompleta (§ 69). Si dividono in 7 ordini, cioè:

1.° *Rincoti.* — Cimici, Cicala, Afidi, Filossera, Cocciniglia, Pidocchio (Atteri).

2.° *Ortotteri:* Grillo-talpa, Locuste.

3.° *Neurotteri:* Formicaleone.

4.° *Ditteri:* Mosca, Zanzara, Pulce (Afanitteri).

5.° *Lepidotteri:* Farfalle diurne, crepuscolari, notturne (Microlepidotteri).

6.° *Imenotteri:* Ape, Vespa, Cinipe (Gallicoli).

7.° *Coleotteri:* Carabo, Maggiolino, Bruco del Pisello (Curculionidi), Bostrici, ecc.

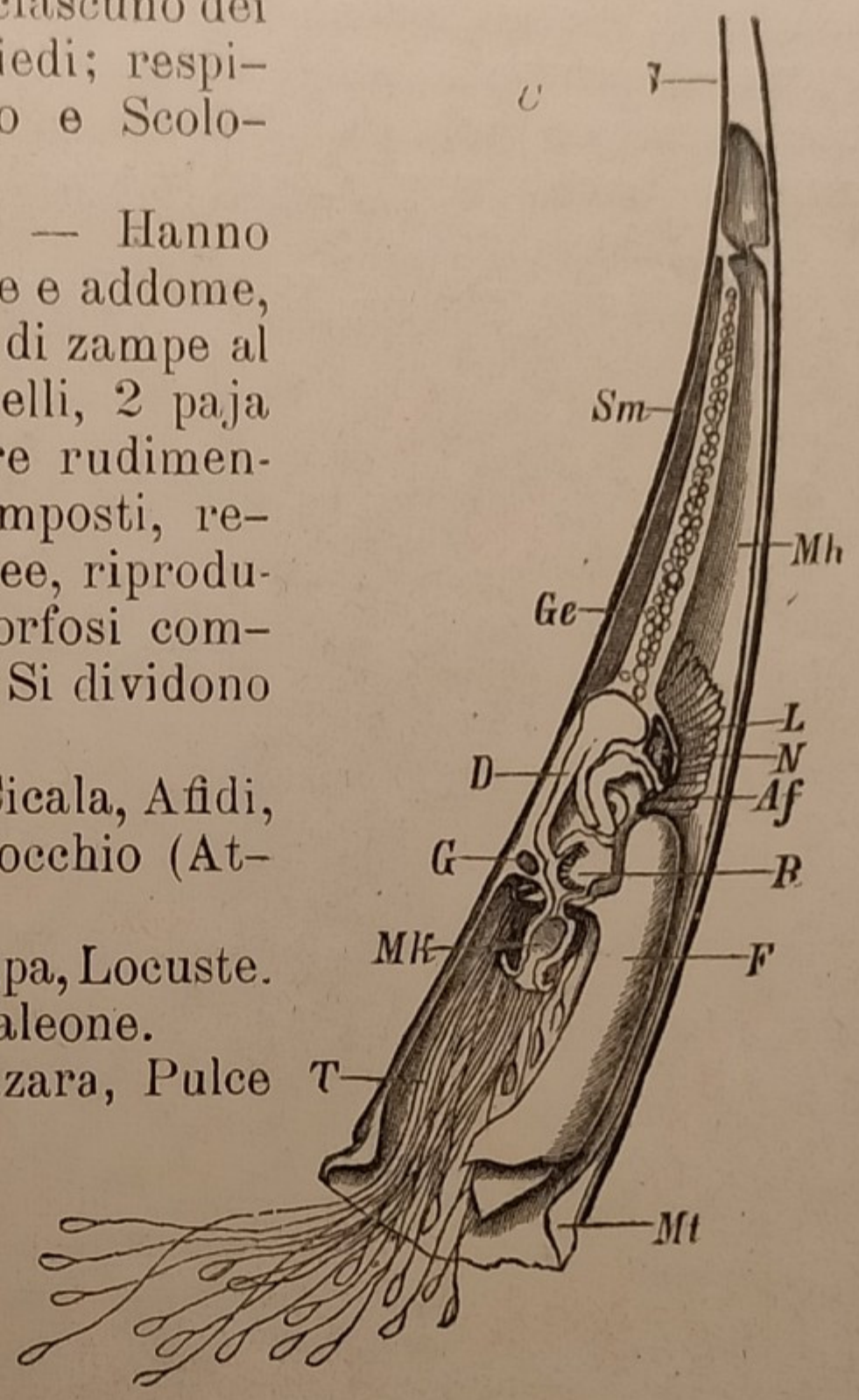


Fig. 157.

Il tipo dei Molluschi si divide in 5 classi, cioè:

1.ª *Lamellibranchi.* — Senza capo distinto (Acefali): corpo depresso, mantello diviso in due lamine che secernono due valve, per lo più ineguali, unite fra di loro a cerniera (molluschi bivalvi); respirazione per branchie lamellose, e riproduzione per uova (es.: Ostrica, Pettine, Meleagrina margaritifera, ecc.).

157. — Dentalium (da Grobben): — *S*, conchiglia; *Mt*, *Mh*, mantello — *Sm*, muscolo della conchiglia; — *F*, piede. — *Mk*, tubercolo boccale; — *T*, cirri; — *D*, intestino; — *L*, fegato; — *Af*, ano; — *G*, gangio cerebroide; — *N* rene; — *Ge*, org. di riproduzione.

2.ª *Scafopodi* (fig. 157). — Sono acefali, con conchiglia a forma di tubo allungato, conico, e muniti di cirri ai lati della bocca (Dentalium).

3.ª *Gasteropodi* (Cefalofori). — Testa distinta con 2 o 4 tentacoli; piede carnoso al ventre, conchiglia univalve spirale, cuore con un ventricolo e un'orecchietta: alcuni sono terrestri e respirano per polmoni (Chiocciola, Limaccia), ma il maggior numero hanno respirazione acquatica per branchie (Patella, Murice, Porpora, ecc.).

4.ª *Pteropodi*. — Molluschi che hanno sotto la bocca due

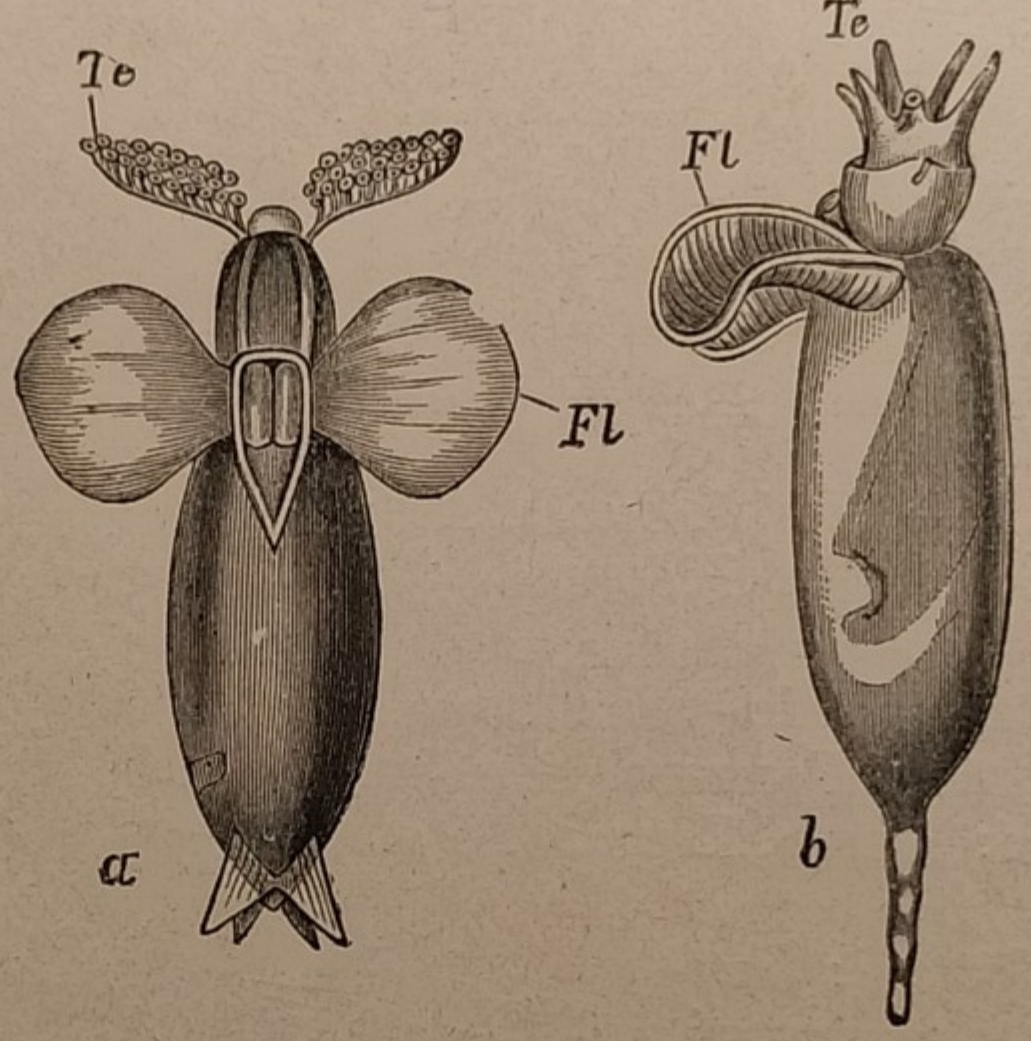


Fig. 158.

natatoie, simili a piccole ali; alcuni nudi, altri provvisti di conchiglia: tutti ermafroditi e con metamorfosi: vivono in branchi in alto mare (es.: Hyalea, Clione) (fig. 158).

5.ª *Cefalopodi*. — Presentano testa distinta, e braccia munite di ventose intorno alla bocca, la quale è munita di due mascelle cornee simili a quelle d'un becco di pappagallo: respirano per branchie e hanno un imbuto, che serve per espellere l'acqua introdotta per la respirazione da una fessura del mantello. L'acqua, espulsa con forza, li fa camminare a ritroso. Hanno un rudimento di scheletro interno cartilagineo e organi pei 5 sensi esterni: riproduzione per uova, con sessi separati. Molti sono nudi (Polpo, Calamaj), alcuni hanno una conchiglia spirale (Nautilo e Argonauta): sono tutti marini.

158. — Due Pteropodi; uno visto di fianco, l'altro dalla parte ventrale: — *Fl*, natatoie; — *Te*, tentacoli; — *a*, Pneumodermon violaceum; — *b*, Clione australis.

Il tipo dei TUNICATI si divide in due classi, cioè:

1.ª *Ascidie.* — Animaletti gelatinosi a forma di sacco o di otre, fissi allo stato adulto, liberi e con coda ricurva allo stato di larva (fig. 144): apertura boccale e anale vicine l'una all'altra.

2.ª *Salpe* (fig. 159). — Animaletti liberamente natanti, a forma di botticelle, trasparenti, coi due orifizi del mantello opposti: gli individui solitari si moltiplicano per gemme, e in tal modo formano una catena o colonia di individui ermafroditi, i quali per mezzo di uova, danno Salpe solitarie (metagenesi).

Il tipo dei VERTEBRATI si divide in 5 classi, cioè:

1ª. *Pesci.* — Vertebrati ovipari, a pelle coperta per lo più

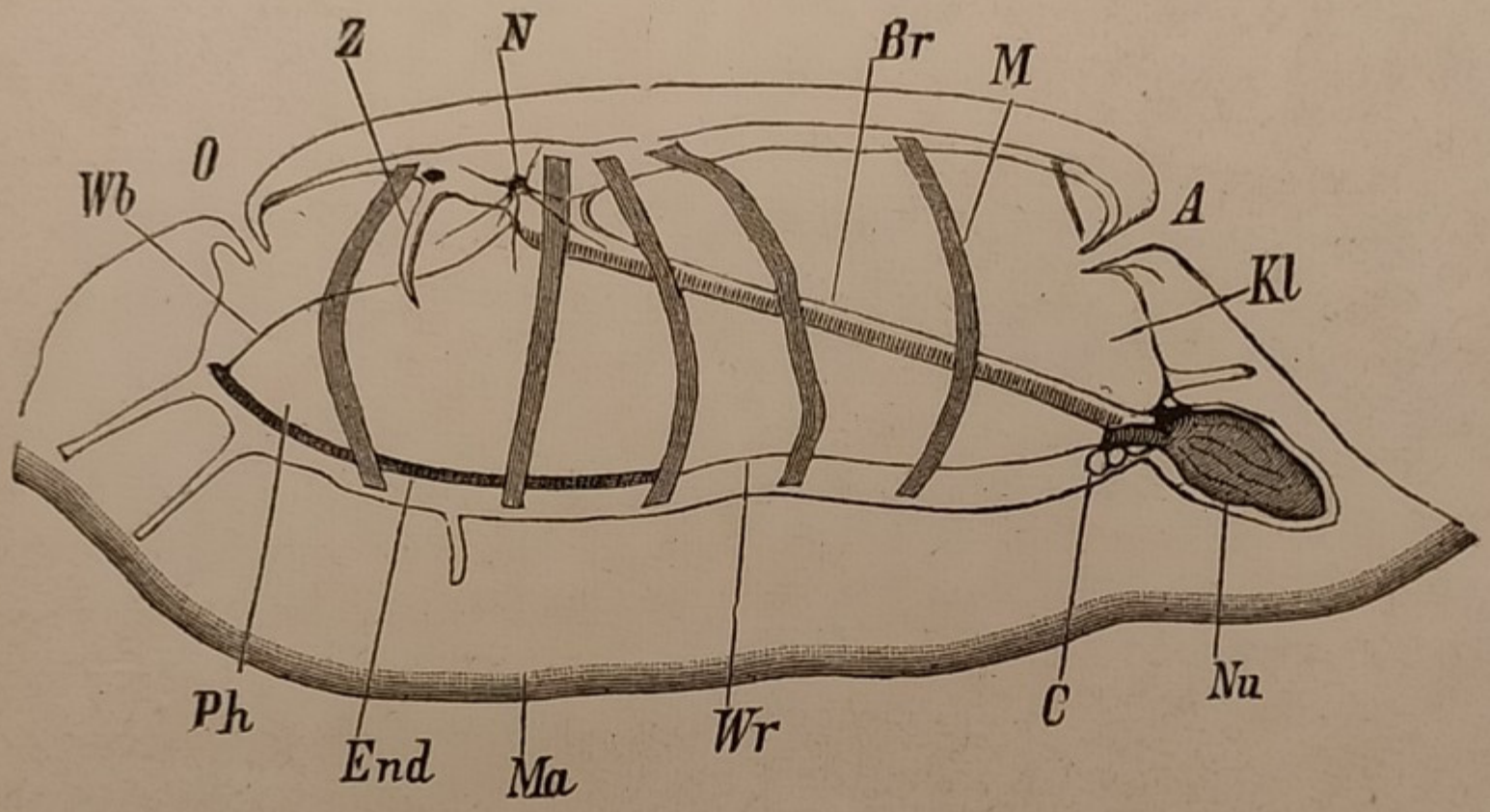


Fig. 159.

di squame o zigrinata, cogli arti trasformati in pinne per il nuoto; hanno sangue rosso e freddo, cuore con due cavità, respirazione per branchie. Tra l'intestino e la colonna vertebrale, presentano la vescica natatoria, la quale serve come organo idrostatico, e, nei Dipnoi, può funzionare pure da polmone. Ai lati del corpo si trovano due serie di pori, che formano la così detta *linea laterale,* e che servono per organi di senso tattile. Sono in generale carnivori, e portano denti non alveolati, non solo sulle mascelle, ma anche sulle altre parti della bocca. Lo scheletro interno di alcuni è osseo, in altri cartilagineo; le vertebre sono biconcave. La pinna caudale ora è divisa in due lobi simmetrici, rispetto alla co-

159. — Salpa mucronata: *O,* bocca; — *Ph,* faringe; *Kl,* cloaca, — *A,* ano; — *Br,* branchie; — *N,* centro nervoso; — *Ma,* mantello; — *M,* cerchi muscolari; — *Z,* linguetta; — *End,* endostilo; — *Wr,* solco ciliare; — *Nu,* nucleo; — *C,* cuore.

lonna vertebrale (pesci omocerchi), ora invece in due lobi dissimmetrici (pesci eterocerchi).

I pesci si dividono in 6 ordini, cioè:

1.° *Leptocardi,* senza cranio e senza encefalo: il neuroscheletro è ridotto alla sola *carda dorsale* o *notocorda,* sopra la quale corre un filo nervoso, che rappresenta il midollo spinale; il sangue è incolore e il cuore un semplice tubulino pulsante: vi appartiene il solo *Amphioxus lanceolatus* (fig. 160) che è l'anello di congiunzione tra i vertebrati e gli invertebrati.

2.° *Ciclostomi* con bocca circolare, priva di denti, senza pinne pari e senza opercoli alle aperture branchiali con pelle nuda e scheletro cartilagineo e incompleto (Lampreda).

3.° *Condropterigi* con scheletro cartilagineo, coda eterocerca, pelle zigrinata, aperture branchiali, senza opercoli, bocca trasversale alla faccia inferiore del corpo, e perciò detti *Plagiostomi* (Pescecane, Torpedini).

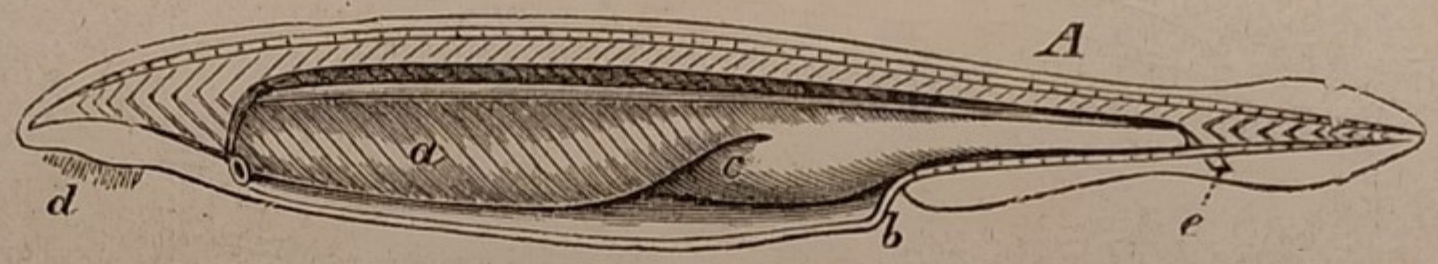


Fig. 160.

4.° *Ganoidi* col corpo coperto da piastre smaltate (Storione).

5.° *Teleostei,* con scheletro completamente osseo. Si dividono in tre sottordini, cioè: *a) Fisostomi* (Anguille, Gimnoti, Siluri), nei quali la vescica natatoria comunica coll'esofago per un condotto aereo; *b) Anacantini*, con pinne dorsali molli ossia senza raggi spinosi (Merluzzo, Sogliola); *c) Acantotter* con pinne dorsali a raggi spinosi (Tonno, Triglia, Pesce persico)

6.° *Dipnoi* (Lepidosiren paradoxa). — Con respirazione che può essere branchiale o polmonare e con quattro arti filiformi. C'è chi ritiene questa dei Dipnoi come forma di passaggio tra i Pesci e gli Anfibî (fig. 161).

II. **Batraci** o **Anfibi.** — Sono vertebrati ovipari, con pelle nuda, con arti terminati da piedi, ovvero apodi. Hanno sangue rosso e freddo, cuore a tre cavità (§ 44), due condili all'occipite. Si riproducono per uova e si sviluppano con metamorfosi; allo stato di larva, presentano forma di pesce caudato e respirano per branchie; divenuti adulti, respirano per polmoni. Alcuni perdono la coda, durante la metamorfosi, e

160 — *Amphioxus lanceolatus:* — *a*, impalcatura branchiale — *b*, foro respiratorio; — *c*, cieco epatico; — *e*, ano — *d*, bocca.

diconsi *anuri* (Rana, Rospo); altri la conservano, e diconsi *urodeli* (Salamandra).

III. **Rettili.** — Sono ovipari, senza metamorfosi; hanno pelle sempre indurita da scaglie o scudi ossei, corpo generalmente allungato, con o senza arti, sempre terminante in coda. Le vertebre sono convesse verso l'innanzi e concave dalla parte posteriore; esiste un solo condilo occipitale. Il sangue è rosso e freddo, il cuore ha 3 cavità. Si dividono in 4 ordini, cioè: *Ofidi,* senza arti, colla bocca dilatabile, con tegumento scaglioso; *Sauri*, con 4 arti, a bocca non dilatabile: *Loricati* (Coccodrilli), col cuore a 4 cavità, denti conici e infissi in alveoli, placche ossee alla pelle; infine *Cheloni,* colle coste saldate immobilmente e scudo dorsale e ventrale, bocca senza denti, e fatta a guisa di becco.

IV. **Uccelli.** — Sono vertebrati, che si riproducono per uova

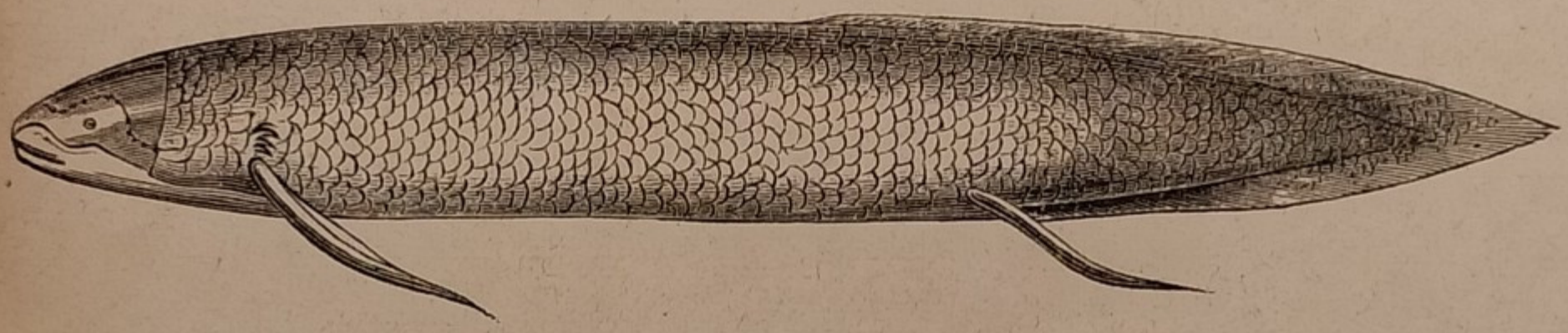


Fig. 161.

à guscio calcareo, col corpo coperto di penne e gli arti anteriori trasformati in ali, i posteriori con 3-4 dita e col tarso saldato al metatarso. Le ossa sono senza midollo, ossia vuote o pneumatizzate; l'occipite è munito di un solo condilo; lo sterno è carenato e su di esso si appoggia l'arto anteriore, per mezzo delle clavicole unite (forchetta) e delle ossa coracoidi. La bocca è priva di denti con le mascelle prolungate all' innanzi e armate di due pezzi cornei (ranfoteche), che formano il becco. Il cervello è sviluppato, ma senza circonvoluzioni. Hanno sangue caldo cuore a 4 cavità, respirazione per polmoni cellulari, driaframma imperfetto, corde vocali alla parte inferiore della trachea. Sono notevoli per gli istinti di nidificazione e di emigrazione.

Gli uccelli si suddividono in 7 ordini, cioè: *Palmipedi, Trampolieri, Gallinacei, Rampicanti, Passeracei, Rapaci, Corridori.*

V. **Mammiferi.** — Sono vertebrati vivipari che allattano la prole, con sangue caldo, il cuore a 4 cavità, i polmoni cellulari, la pelle fornita di peli. Il diaframma perfetto e muscolare. L'occipite è munito di doppio condilo, per articolarsi

161. — *Protopterus annectens* (ordine de' Dipnoi).

sulla colonna vertebrale, la quale si divide nettamente in 5 regioni (come è detto al § 102): hanno 4 arti; le dita variano da 1 a 5 e hanno unghie; le ossa racchiudono nell'interno un midollo. Le mascelle portano sempre denti, che sono alveolati e distinti in canini, incisivi e molari. Il cervello è assai sviluppato e presenta alla superficie le circonvoluzioni (§ 77).

I mammiferi si dividono in 13 ordini cioè:

1.° *Monotremi* (Ornitorinco) e 2.° *Marsupiali* (Canguro), tutti *non placentati* (vedi § 65), e con prole imperfetta; i primi colla bocca priva di denti, in forma di becco, senza *marsupium*, ovipari: i secondi con borsa all'addone (marsupium), per raccogliere i piccoli.

3.° *Cetacei*, mammiferi pesciformi e privi di arti posteriori.

4.° *Perissodattili* con dita in numero impari, il medio più sviluppato, pelle grossa (pachidermi).

5.° *Artiodattili*, con dita in numero pari, munite di zoccoli, e le due esterne di solito rudimentali; molti sono ruminanti.

6.° *Proboscidati*, con cinque dita munite di zoccoli, pelle grossa, naso prolungato in proboscide.

7.° *Sdentati* o *maldentati*, privi di canini e di incisivi e taluni senza denti (formichiere).

8.° *Rosicanti*, mancanti di canini, sviluppatissimi gli incisivi.

9.° *Insettivori*, con denti numerosi, piccoli, a punte.

10.° *Carnivori* e 11.° *Pinnipedi*, con canini sviluppatissimi e molari robusti, a punte taglienti; i primi portano artigli agli arti, i secondi hanno le quattro zampe trasformate in pinne.

12.° *Chirotteri*, con membrana alare che li rende atti al volo.

13.° *Quadrumani* o *scimmie*, con quattro mani ed unghie piatte.

L'uomo si distingue dalle Scimmie per avere la mano distinta dal piede (Bimani), la stazione eretta ed il linguaggio articolato: ma, soprattutto, perchè è il solo essere animale che possieda l'anima spirituale, la moralità e la religiosità; e perciò la specie umana forma, nella Natura, un regno a sè, affatto distinto e superiore a quello degli animali — il *Regno umano*.

FINE.

CASA EDITRICE DOTTOR FRANCESCO VALLARDI
MILANO

MERCALLI G. **Elementi di Mineralogia, Geografia fisica e Geologia**, conformi ai programmi governativi per le Scuole secondarie, liceali e tecniche.

Parte I. MINERALOGIA (*Undecima edizione*) — Un vol. di p. 155 con 135 fig. . . . . L. 2.20

Parte II. GEOGRAFIA FISICA E GEOLOGIA (*Undecima ediz.*). — Un volume in-16 di pagine 192 con 167 inc. . . . L. 2.50

PERO P. **Elementi di Zoologia** Anatomica, Fisiologica e Tassonomica — ad uso delle scuole secondarie. — Un volume di pagine 248 illustr. da 189 figure (*Seconda edizione*) . L. 3.—

PERO P. **Elementi di Zoologia Descrittiva e comparata** per uso delle scuole secondarie. *II. ediz.*. — Un vol. di pagine VIII-292 con 351 incisioni . . . . . L. 3.—

PERO P. **Elementi di Botanica** Anatomica, Fisiologica e Tassonomica — ad uso delle scuole secondarie (*Seconda edizione*). — Un volume di pag. 200 illustrato da 160 figure . . . L. 2.50

PERO P. **Elementi di Botanica descrittiva e comparata** per uso della quarta e quinta classe ginnasiale — Un volume di pagine 180 illustrato con 161 incisioni nel testo . . . L. 2.—

PERO P. **Elementi di Botanica Morfologica** con una introduzione allo stud o della Storia Naturale per la quarta e quinta classe del Ginnasio, per le Scuole Complementari e per il primo corso dell'Istituto Tecnico. — Un vol. di p. 112 illustr. da 209 fig. L. 1.30

PERO P. **Elementi di Mineralogia e di Litologia** per la seconda e terza classe del Liceo e per la seconda classe dell'Istituto Tecnico. — Un vol. di 192 pagine illustr. da 158 fig. L. 2.—

SANGUETTOLA G. **Nozioni di Storia naturale**, compilate ad uso delle Scuole tecniche.

Parte Prima. BOTANICA. — Un Vol. in-16 di pag. 142 illustrato da 113 incisioni . . . . . L. 1.50

» Seconda. ZOOLOGIA. — Un Volume in-16 di pag. 176 illustrato da 127 incisioni . . . . . L. 1.50

BORDELLI F. **Manuale di Botanica Descrittiva**, compilato ad uso delle Scuole secondarie. — *Seconda edizione* riveduta e migliora a dall'Autore. — Un Vol. in-16 di pag. 404 con 310 incisioni L. 3.—

UGOLINI U. **Morfologia vegetale** — Descrizione popolare de la forma e struttura delle piante. — Un vol. di pag. 296 con 315 fig. rileg. in tela . . . . . L. 3.—

ZACCARIA A. **Guida alla classificazione delle piante**) — Un vol. in 16 di pag. 246 illustr. da 231 incis. (rileg. in tela) L. 250.

CASA EDITRICE Dr. FRANCESCO VALLARDI – Milano

ATLANTE POPOLARE
DI
STORIA NATURALE

ZOOLOGIA - BOTANICA - MINERALOGIA - GEOLOGIA

Sessantanove tavole - mille e quarantasei figure

CON TESTO DESCRITTIVO
DEL
Prof. MICHELE LESSONA

Da molto tempo la necessità dei disegni nello studio e nell'insegnamento della storia naturale è stata dimostrata con tutta la possibile evidenza da quelle nazioni, le quali compresero, prima che non sia avvenuto fra noi l'utilità e la piacevolezza di questi studi, e si ammette e si riconosce oggi anche in Italia universalmente.

La difficoltà maggiore, che si oppone perchè questo studio sia fatto col sussidio di un grande numero di disegni è la spesa.

I libri di storia naturale forniti di buoni disegni sono costosi.

La Casa Vallardi ha cercato di provvedere a che questa difficoltà sia superata col dare un numero grande di disegni ben fatti e al massimo buon prezzo.

La pubblicazione, che ora presentiamo al pubblico, comprende oltre a mille figure diligentemente non meno che elegantemente condotte, intorno a tutti i rami della storia naturale.

Queste figure sono artisticamente distribuite in sessantanove tavole eleganti.

Ciascuna tavola ha una descrizione delle figure con alcune generalità intorno ai corpi naturali che vi sono designati.

Si ha per tal modo, nel medesimo tempo, una rappresentazione iconografica e una trattazione scientifica della zoologia, della botanica, della mineralogia e della geologia.

Questa pubblicazione, pertanto, corrisponde a un bisogno tanto delle scuole quanto di tutti quei lettori, oggi numerosissimi, che si compiacciono degli studi di scienza popolare, e la Casa editrice crede che il pubblico sarà per accoglierla con benevolenza pari alla bontà dello intendimento con cui fu compiuta e intrapresa.

Legato in brochure **L. 5** — *in tela e oro* **L. 7,50.**